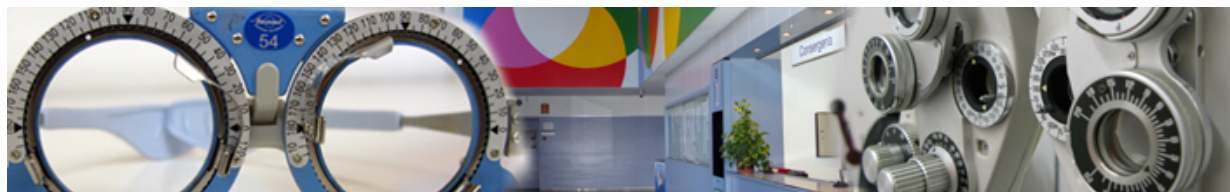




UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

TREBALL FINAL DE GRAU

EFFECTE DE LES LENTS CROMÀTIQUES EN ELS MOVIMENTS OCULARS I EN LA REPOSTA ACOMODATIVA DURANT LA LECTURA

ANNA LEÓN RODRÍGUEZ

JUAN CARLOS ONDATEGUI PARRA ROSA BORRÀS GARCIA ELVIRA PERIS MARCH DEPARTAMENT D'ÒPTICA I OPTOMETRIA
--

12 de maig de 2016

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

© Universitat Politècnica de Catalunya, año 2016. Todos los derechos reservados

Índex

1. Introducció	1
2. Marc teòric	2
2.1 Classificació dels moviments oculars.....	4
2.2 Característiques per al desplaçament de la mirada	6
2.3 Disfuncions oculomotores	7
2.4 Moviments oculars durant la lectura	9
2.4.1 Sacàdics.....	10
2.4.2 Fixacions	11
2.4.3 Regressions.....	12
2.5 Mètodes d'avaluació dels moviments oculars en la lectura	13
2.5.1 Mètodes.....	13
2.5.1.1 Proves dels sacàdics de Pierce	14
2.5.1.2 La prova de King-Devick	15
2.5.1.3 Proves del desenvolupament del moviment ocular.....	17
2.5.2 Mètodes de registre.....	17
2.5.2.1 Mètodes oculogràfics (EOG)	18
2.5.2.2 L'eyelink, el visigraph i el Ober-2	18
2.5.2.3 Mètodes de videograbació.....	19
2.6 Retard acomodatiu	19
2.6.1 Proves per a la determinació de la Resposta acomodativa basades en la retinoscopia	23
2.6.2 Mètodes per a la determinació de la Resposta acomodativa basades en un autorrefractòmetre	24
2.7 Procés lector.....	25
2.8 Ús de filtres cromàtics en la lectura.....	26

2.8.1	Generalitats	26
2.8.2	Mètodes per a la selecció de filtres en la lectura	29
2.8.2.1	Mètode d'Irlen	29
2.8.2.2	Mètode d'Arnold Wilkins i el Intuitive Colorimeter	29
2.8.2.3	Mètode de Chromagen	30
3.	Objectius	31
3.1	Objectius genèrics de l'estudi	31
3.2	Objectius específics de l'estudi	31
4.	Metodologia	32
4.1	Selecció de la mostra	32
4.2	Instrumentació	33
4.2.1	Eyetracker (Eyelink 1000 plus)	33
4.2.2	Autorrefractòmetre (Seiko WAM)	35
4.2.3	Lents Chromagen	37
4.2.4	Textos de lectura	40
4.3	Objectius genèrics de l'estudi	40
4.3.1	Filtres cromàtics	41
4.3.2	Registre de moviments oculars	42
4.3.3	WAM	45
5.	Interpretació de registres i obtenció de dades	45
5.1	Identificació de les fixacions i dels sacàdics	48
5.2	Obtenció de les dades amb el WAM	50
6.	Resultats	50
6.1	Anàlisi estadístic	50
6.2	Descriptius	51
6.2.1	Descripció de la mostra	51

6.2.2	Descripció de la selecció de filtres.....	51
6.2.2.1	Selecció del filtre	52
6.2.3	Descripció de les variables de l'eyelink.....	53
6.2.4	Descripció de les variables del WAM	54
6.3	Comparació en diferents condicions de lectura	55
6.3.1	Repetibilitat de les mesures.....	56
6.3.2	Efecte d'un filtre neutre.....	57
6.3.3	Efecte de filtres cromàtics	58
7.	<i>Discussions i conclusions</i>.....	60
7.1	Discussions	60
7.1.1	Eyelink.....	60
7.1.2	WAM.....	61
7.2	Conclusions.....	62
8.	<i>Bibliografia</i>.....	63
9.	<i>Annexos</i>	65

Índex de figures, gràfics i taules

Índex de figures:

Figura 1: Imatge que recull els 6 músculs extra-oculars. Imatge extreta de <http://www.aapos.org/es/terms/conditions/22>

Figura 1.2: Imatge que recull les duccions, versions i vergències. Imatge extreta de <http://es.slideshare.net/drafts10/ley-de-lising-y-donders>

Figura 2.1: Representació general dels moviments sacàdics, fixacions, regressions i salts de línia. Imatge extreta de <https://oftalmologia-barcelona.com/2012/02/08/la-dislexia-como-tratarla-con-neuroestimulacion-visual/>

Figura 2.2: Representació dels sacàdics, fixacions i salts de línia en un text. Imatge extreta https://es.wikipedia.org/wiki/Seguimiento_de_ojos

Figura 2.4: Targeta de prova dels sacàdics de Pierce. Correspon al primer test utilitzat per a la prova. Correspon a l'estudi de Bases Optomètriques para una lectura eficaz de Centro Optometría Internacional.

Figura 2.4.1: Targeta de demostració dels sacàdics de Pierce. Correspon a l'estudi de Bases Optomètriques para una lectura eficaz de Centro Optometría Internacional.

Figura 2.4.2: Test 2. Prova de sacàdics de Pierce. Correspon a l'estudi de Bases Optomètriques para una lectura eficaz de Centro Optometría Internacional.

Figura 2.4.3: Test 3. Prova dels sacàdics de Pierce. Correspon a l'estudi de Bases Optomètriques para una lectura eficaz de Centro Optometría Internacional.

Figura 2.4.4: Valors normals per la prova dels sacàdics de Pierce. Correspon a l'estudi de Bases Optomètriques para una lectura eficaz de Centro Optometría Internacional.

Figura 2.4.5: Targeta de demostració de K-D. Correspon a l'estudi de Bases Optomètriques para una lectura eficaz de Centro Optometría Internacional.

Figura 2.4.6: Test 1 de la prova de K-D. Correspon a l'estudi de Bases Optomètriques para una lectura eficaz de Centro Optometría Internacional.

Figura 2.4.7: Targeta de la prova dels sacàdics de K-D. test 2. Correspon a l'estudi de Bases Optomètriques para una lectura eficaz de Centro Optometría Internacional.

Figura 2.4.8: Valors normals per edat de la prova de K-D. Correspon a l'estudi de Bases Optomètriques para una lectura eficaz de Centro Optometría Internacional.

Figura 2.4.9: Targeta vertical del test DEM. Correspon a l'estudi de Bases Optomètriques para una lectura eficaz de Centro Optometría Internacional.

Figura 2.4.10: Targeta horitzontal del test DEM. Correspon a l'estudi de Bases Optomètriques para una lectura eficaz de Centro Optometría Internacional.

Figura 2.4.11: Projectió de la prova de l'eye tracker. Imatge extreta de http://live.ece.utexas.edu/research/realtime_foveation/index.php

Figura 3.3: Procés acomodatiu. Imatge extreta de http://www.grincef.nurr.ula.ve/EULA-2007/Propagaci%F3n/contenido/propagacion_79.htm

Figura 3.4. Explicació de la resposta acomodativa. Imatge extreta de l'estudi sobre Estudio de la acomodación que pertany a Paloma Sobrado Calvo.

Figura 3.5: Obtenció del retard acomodatiu mitjançant el mètode NOTT. Imatge extreta de <http://areaprofesional.blogspot.com.es/2011/08/estudio-clinico-de-la-acomodacion.html>

Figura 4.1: Etapes del procés lector. Imatge extreta de <http://areaprofesional.blogspot.com.es/2011/08/estudio-clinico-de-la-acomodacion.html>

Figura 5.1: Diagrama cromàtic. Imatge extreta de l'estudi Efecto de los filtros cromáticos en la velocidad lectora en una muestra de almunso de E.S.O que pertany a l'Elvira Peris i la Marina Castañé

Figura 5.2.1: Intuitive Colorímetre. Imatge extreta de <http://cerium.com.au/cerium-optical-technologies/intuitive-colorimeter>

Figura 5.2.3: Lents Chromagen. Imatge extreta de <https://asunoliver.com/lentes-chromagen/>

Figura 6.1 Eyelink 1000 plus càmera

Figura 6.2: Reflex corneal i reflex de pupil·la

Figura 6.3: Host PC durant el calibratge

Figura 6.5: Grand Seiko WAM 5500

Figura 3.1 i 3.2: Selecció de filtres

Figura 9: Individu realitzant prova eyelink

Figura 10: Individu realitzant prova WAM

Figura 7: Visualització dels moviments oculars en l'eyetracker

Figura 7.1: Selecció de la primera fixació de la segona línia i informació d'aquesta

Figura 7.2: Selecció de l'última fixació de la novena línia i informació d'aquesta

Índex de taules:

Taula 1.1: Funcions dels músculs extraoculars. Taula extreta de l'estudi Efecto de diferentes parámetros del estímulo en la valoración objetiva de los movimientos sacádicos y de seguimiento que pertany a Elena López García

Taula 3.2: Relació de l'AA amb l'edat. Taula extreta de <http://www.qvision.es/blogs/javier-martinez/2012/03/07/amplitud-de-acomodacion-que-es-como-se-mide/>

Taula 4.1: Característiques tècniques de l'eyelink 1000 plus

Taula 4.2: Característiques Grand Seiko WAM 5500

Taula 4.3: Fixation report

Taula 4.4: Saccade report

Taula 4.6: Selecció del millor i pitjor filtre en tan per cent

Taula 4.7: Resultats paràmetres fixacions

Taula 4.8: Resultats paràmetres sacàdics

Taula 4.9: Resultats paràmetres regressions

Taula 5: Temps de lectura

Taula 5.1: Retard extret en EE entre esfera i cilindre de l'autorretractòmetre

Taula 5.2: Taula ANOVA entre hab1 i i hab2

Taula 5.4: Taula ANOVA entre hab1 i placebo

Taula 5.6: Taula ANOVA entre hab1, millor filtre i pitjor

Taula 5.7: Taula Post Hoc de Bonferroni

Índex de gràfics:

Gràfic 1.2: Imatge en forma de gràfic que expressa l'amplitud en graus i la velocitat en deg/s. Està extreta de

http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18771/24/Tema_4%20OCW.pdf

Gràfic 2.1: Relació entre amplitud sacàdica, velocitat i duració. Imatge extreta de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502007000400004

Gràfic 1.3: Percentatge de transmissió (%) versus la longitud d'ona en nanòmetres (nm) de cada filtre chromagen

Gràfic 1.5: Pacients que van seleccionar cada filtre com a més confortable

Gràfic 1.6. Pacients que van seleccionar cada filtre com a més incòmode

Gràfic 1.7: Retard acomodatiu per a cada condició.

1. Introducció

La lectura és el procés de significació i comprensió d'informació i/o idees emmagatzemades en un suport i transmeses mitjançant algun tipus de codi usualment un llenguatge, que pot ser visual o tàtil. En la lectura s'estableixen moviments oculars, els quals, han de ser precisos per dur la imatge de les lletres i paraules al cervell que les interpreta i processa per obtenir un resultat. Aquests moviments oculars que s'estableixen es diuen moviments sacàdics de petita amplitud, denominats com els de lectura. Igualment, també és important que altres habilitats visuals estiguin en correctes condicions, com per exemple, l'acomodació, la binocularitat, la percepció visual, etc. per tal que la lectura sigui la més confortable per a l'individu.

Detalladament, els moviments oculars es divideixen en moviments sacàdics, els quals poden ser en petit moviment o en gran moviment. Els petits moviments són els anomenats moviments sacàdics de petita amplitud i tenen la funció de moure els ulls de paraula a paraula, en canvi els de gran moviment se'ls anomena salts de línia. A més, estan els moviments de regressió que són aquells que tornen la mirada a un punt anterior. Tota persona, inclús el lector més experimentat fa regressions. Apart d'aquests moviments, es produeixen un seguit de fixacions que són pauses motores dels ulls per processar la informació de la lectura.

L'objectiu genèric d'aquest treball és estudiar l'efecte que tenen unes sèrie de lents cromàtiques sobre els moviments oculars i la resposta acomodativa durant la lectura.

2. Marc teòric

Generalitats sobre la motilitat ocular:

Els globus oculars estan ubicats dintre de la cavitat orbitària. Els dos globus es poden moure lliurement gràcies als sis músculs extra oculars.

Cadascun d'aquests 6 músculs estan distribuïts, anatòmicament i fisiològicament, de la següent forma:

- Recte superior: El recte superior és un múscul que s'adhereix a la part superior del globus ocular. Té la funció de moure l'ull cap amunt.
- Recte inferior: Aquest té la funció complementària al superior. Està adherit per la part inferior i mou l'ull cap avall.
- Recte nasal o medial: Aquest múscul està ancorat al costat del nas i té la funció de girar l'ull cap endins.
- Recte lateral o temporal: El recte temporal està adherit per la part temporal i mou l'ull cap enfora.
- L'oblic superior: És un múscul extra ocular que s'origina en la part posterior de l'òrbita i viatja a través d'una politja, que posteriorment s'ancora a la part superior del globus ocular. Aquest múscul té la funció de rotar l'ull en el sentit de les agulles del rellotge i de baixar-lo cap avall.
- L'oblic inferior: Aquest múscul extra ocular s'insereix en la part anterior de l'òrbita i viatja fins la part posterior. Al contrari de l'oblic superior, aquest múscul rota l'ull en sentit antihorari i puja l'ull cap amunt.

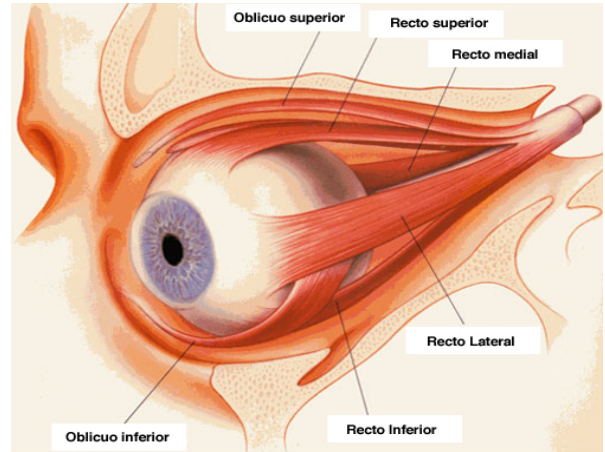


Figura 1. Anatomía de los Músculos extraoculares

Figura 1: Anatomia dels músculs extraoculars

A continuació, s'afegeix una petita taula descriptiva on queda visualitzat les funcions dels músculs esmentats anteriorment:

Musculo extraocular	Posición primaria de mirada		
	Función principal	Función secundaria	Función terciaria
Recto Medial	Adducción pura	-	-
Recto Lateral	Abducción pura	-	-
Recto Superior	Elevación	Aducción e incicloducción	Aducción
Recto Inferior	Depresión	Aducción y excicloducción	Aducción
Oblicuo superior	Incicloducción/depresión	Depresión y abducción	Abducción
Oblicuo inferior	Excicloducción/elevación	Elevación y abducción	Abducción

Taula 1.1: Funcions dels músculs extraoculars.

En definitiva, els músculs extrínsecs dels ulls tenen la funció de girar els globus oculars en diferents posicions de mirada per portar la imatge de l'objecte d'interès a la retina (ja sigui estàtic o en moviment), concretament, a la fòvea(AAPOS; 2016). Per tant, els músculs entre sí, han de tenir moviments conjugats i sinèrgics entre ells.

2.1 Classificació dels moviments oculars:

Des del punt de vista funcional, els moviments es divideixen en: estímul sensorial, integració nerviosa i motora. El cervell reconeix els estímuls provinents de la vista i de la relació del cos amb l'espai (àrea sensorial). Posteriorment, en la integració nerviosa, la informació rebuda forma una resposta que serà enviada per canviar la posició de l'ull i del cos en l'espai (motora).

Dos grans autors, Prieto i Carpenter, van fer una classificació dels moviments oculars:

- Classificació segons Prieto (1980):
 - Duccions: Són moviments unioculars al voltant dels seus tres eixos (*Ferrer, 1991*)
 - Versions (moviments conjugats): són moviments binoculars en el que els ulls es desplacen en el mateix sentit i mateixa direcció. La distància entre l'objecte fixat i el punt central de la línia que separa els dos centres de rotació es manté fixa (*Prieto, 1980*). Depenen de la posició de la mirada podem parlar de diferents versions (veure figura 1.2)
 - Vergències: són moviments disjuntius en el que els ulls es desplacen de forma oposada. Existeixen tres tipus de vergències:
 - Convergència: és la capacitat de desviar els ulls cap al nas
 - Divergència: és la capacitat de desviar els ulls cap a fora
 - Ciclovergències: és la capacitat de compensar inclinacions i rotacions del cap

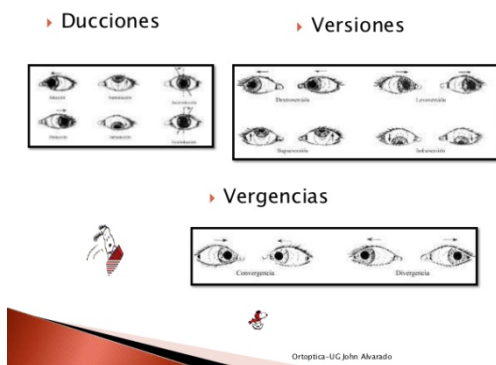


Figura 1.2: Duccions, versions i vergències

- Moviments de seguiment: Són moviments automàtics que segueixen un objecte en moviment. La velocitat d'aquests moviments no és superior a 45°/seg, per tal de portar la imatge visualitzada a la fòvea.
- Moviments sacàdics: Són els moviments més ràpids que l'aparell motor pot realitzar. Aquests moviments són d'alta velocitat i tenen, també la finalitat de portar la imatge sobre la fòvea però, en aquest cas, d'estímul que apareixen de forma sobtada en el camp visual.

- Classificació segons Carpenter(1988;1991):

Es diu que és la més coherent ja que es basa en atendre en la funcionalitat del moviment. Segons aquest criteri, podem determinar tres tipus de moviments:

- Moviments per al manteniment de la mirada: són aquells que compensen els moviments del cap amb l'objecte, en el qual, ens fixem per mantenir la mirada estàtica sobre ell (centratge de la imatge sobre la fòvea). Es donen dos tipus de moviments, vestibuloculars (compensen els moviments del cap) i optocinètics (compensen els moviments de l'objecte).
- Moviments per al desplaçament de la mirada: permeten passar l'atenció d'un objecte a un altre (increment del camp visual efectiu). Es diferencien els següents tipus: sacàdics, seguiments i vergències.
- Moviments de fixació o micromoviments: eviten el fenomen del *fading* (manteniment de la fixació binocular) tremors, microsacàdics i fluctuacions.

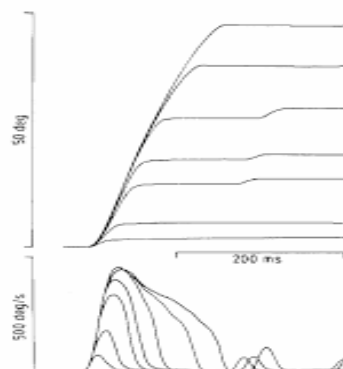
2.2 Característiques per al desplaçament de la mirada:

- Moviments sacàdics:

Els moviments sacàdics són canvis bruscos dels ulls per fixar l'objecte d'interès sobre la fòvea.

Les seves característiques principals són:

- Temps de latència o de reacció; és el temps que transcorre entre l'aparició d'un estímul fins la finalització del seu sacàdic. El seu valor oscil·la aproximadament entre 180 i 300 ms. Aquest pot canviar depenen de la il·luminació, mida, contrast de l'estímul, motivació i atenció del subjecte (*Carpenter, 1988*)
- La duració; temps transcorregut en segons(s) encara que també es pot expressar en mil·lisegons (ms). La duració aproximada d'una mitja de sacàdics oscil·la entre 30 i 120 ms (*Becker, 1991; Carpenter, 1988; Leigh y Zee, 1991; Young i Sheena, 1975*). No obstant, aquest valor pot variar depenen de la seva amplitud.
- La velocitat; es caracteritza per tenir una acceleració molt ràpida que dona lloc a un pic de velocitat màxim, seguit d'una ràpida desacceleració fins arribar a una posició estable. S'expressa en (deg/s), és a dir, en graus/per segon. Pot arribar a tenir un pic de velocitat de 700°/s.
- L'amplitud; es diu que l'amplitud i la velocitat van íntimament lligades, ja que quant major és l'amplitud del sacàdic, major és la velocitat d'aquest (*Freedman, 2008*). Es pot veure reflectit al gràfic 1.2. Normalment s'expressa en graus, però també es pot expressar en cm. L'amplitud màxima que es pot donar en els moviments sacàdics és de 30°. Per sobre d'aquest últim valor es requereixen moviments de cap.



Gràfic 1.2: Relaciona l'amplitud del sacàdic amb la velocitat

Tots aquests valors venen estabilitzats a partir d'una certa edat, normalment al voltant dels 12 anys, depenen de l'individu.

- Seguiments:

Els moviments de seguiment són moviments voluntaris i conjugats que permeten seguir un objecte en moviment mitjançant la combinació de moviments suaus.

Els moviments de seguiment es caracteritzen per:

- Temps de reacció o latència; és el temps que es triga en iniciar-se el moviment de seguiment quan es va a fer una recerca visual cap a un estímul en moviment. Aquest temps depèn de molts factors, com per exemple, la il·luminació de l'estímul (*Bartlett & Macleod, 1954; Rains, 1963*), l'atenció (*Sanford, 1974; Shulman, Wilson, & Sheehy, 1985*) i l'interval de presentació de l'estímul (*Hinrichs & Krainz, 1970*).
- Velocitat; la velocitat dels seguiments en aquest cas oscil·la entre uns 30 i 45°/s. No obstant, s'ha vist que es poden arribar a velocitat de 160°/s (*Buizza, Schmid, & Gigi, 1984*)
- Precisió del moviment; es fa referència a la relació entre el "pursuit gain" (la relació entre la velocitat del seguiment i la de l'estímul) i el número d'intrusions sacàdiques realitzades durant la recerca visual.

2.3 Disfuncions oculomotores:

Quan es parla del sistema oculomotor podem parlar de disfunció oculomotora i alteració:

Una disfunció oculomotora és una anomalia sense un fons patològic produïda per lleus variacions de la visió binocular com problemes de vergència, acomodatius o moviments sacàdics i de seguiment inadequats.

Una alteració oculomotora és aquella en la que existeixen danys estructurals o funcionals severs, que poden venir produïdes per etiologies més series com per exemple el síndrome de Wallenberg, la malaltia de l'Alzheimer i la de Parkinson. També poden ser defectes en el camp visual, nistagmes, etc.

Alguns autors, com Leonard Press, diferencien dues causes que poden provocar diferents problemes en els moviments oculars, com és un mal desenvolupament del sistema motor i l'altra en la funció. Així doncs podem dir:

- Disfuncions en el desenvolupament: són degudes a que les habilitats són immadures i solen anar acompanyades en problemes amb la lateralitat i direccionalitat. Aquesta disfunció es pot veure afectada en una baixa puntuació de l'apartat dels moviments de cap i/o dels tests de motilitat ocular.
- Disfuncions funcionals: les habilitats es desenvolupen adequadament però una situació d'estrès visual pot produir una regressió, com per exemple una demanda lectora per sobre de les capacitats.

Una anomalia oculomotora pot produir diferents problemes funcionals i del desenvolupament. Per tant, poder avaluar les habilitats oculomotores d'una persona permet detectar si hi ha la presència de paràlisis, parèsies o restriccions mecàniques en algun camp de la mirada. Així doncs, és important el seu estudi per saber si els moviments sacàdics i de seguiment són els adequats. Aquests dos, tenen vies neuronals diferents, una malaltia neurològica pot afectar a un d'ells però deixar a l'altre intacte.

Els diferents signes i símptomes que ens fan estar en alerta davant d'una anomalia oculomotora són una reduïda habilitat del control visual dels objectes, com la dificultat per fixar, localitzar i seguir objectes, mal de caps i/o ulls, visió borrosa ocasional, fotofòbia, etc.

Els moviments oculars, com els sacàdics, tenen una gran importància en la lectura i, per tant, si es pateix d'alguna anomalia oculomotora pot veure's afectada en la comprensió lectora. Així doncs podem trobar en la lectura diferents signes i símptomes com són: (Rodríguez, M.A 2006)

- Moviment excessiu de cap
- Pèrdua freqüent de lloc
- Omissió de paraules
- Velocitat lenta de lectura
- Pobre comprensió del textos
- Dificultat de copiar a la pissarra
- Dificultat de copiar problemes aritmètics amb columnes de números
- Dificultat per tests psicològics o educacionals estàndards amb l'ordinador o papers

Al final del següent apartat, s'explicarà detalladament els moviments relacionats amb la lectura (els sacàdics, les fixacions i les regressions).

2.4 Moviments oculars durant la lectura:

En la lectura, es posen en manifest diferents moviments oculars per a la bona interpretació i coherència en la comprensió lectora. Aquests moviments són:

- Petits moviments sacàdics que mouen els ulls de paraula a paraula
- Grans moviments sacàdics que tornen els ulls a l'inici de la següent línia
- Fixació d'una pausa entre cada sacàdic per processar la informació. (*Ciuffreda KJ et al, 1976*)
- Regressions, moviments de retorn per llegir alguna/es paraula/es anterior/s.

Apart dels quatre principals moviments que es donen en la lectura, s'ha de parlar d'altres que ajuden a que les imatges que analitzem es formin sobre la retina i siguem capaços de poder-les interpretar correctament. Entre ells tenim:

- Vestibulars: mantenen les imatges fixes a la retina sobre rotacions i moviments breus i ràpids del cap.
- Optocinètics: el mateix però sobre moviments lents i sostinguts. La combinació de moviment vestibular i optocinètic és el que permet veure i moure al mateix temps. Així doncs, es parla molts cops sobre el sistema vestibul-optocinètic, encara que depengui de sistemes neuronals bàsics.

2.4.1 Sacàdics

En la lectura, els moviments sacàdics són els moviments oculars que s'encarreguen de portar l'ull a fixar paraula per paraula. Primordialment són voluntaris.

Durant la lectura, el lector escaneja cada línia del text a partir dels moviments sacàdics alternats amb diverses fixacions.

Ocasionalment el lector pot realitzar diversos moviments oculars anomenats “sacàdics de regressió” per tornar a fixar-se en una part anterior del text, i quan aquest arriba al final d’una línia, es produeix un gran sacàdic anomenat “Return sept” (aproximadament d’uns 10°), el qual porta els ulls al principi de la pròxima línia a llegir (Mico, 2002)

Scheiman (1994) indica que quan menys sacàdics es realitzin durant la lectura i més amplia sigui la visió parafoveal, més ràpida és la lectura i la seva comprensió.

Els posteriors esquemes mostren els moviments sacàdics en la lectura (veure figura 2.1)

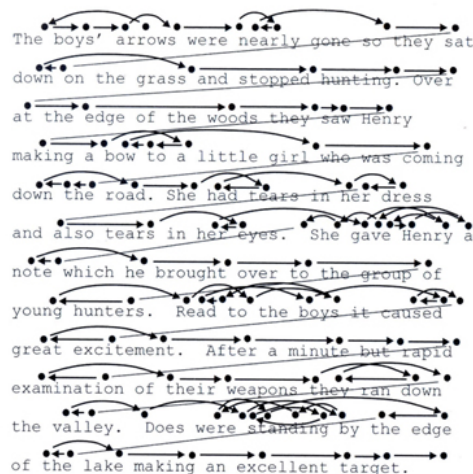


Figura 2.1 : Les fletxes cap a la dreta indiquen els moviments sacàdics
Els punts són les fixacions
Les fletxes a l'esquerra són les regressions
I les rampes els salts de línia

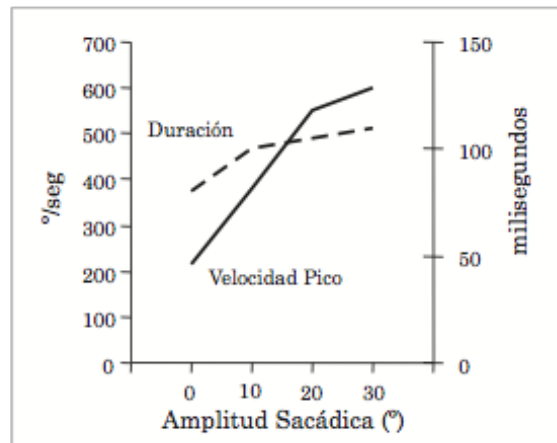
Quan realitzem moviments sacàdics es produeix una supressió visual, pera tal d'evitar la imatge borrosa. Durant el moviment, la informació queda interrompuda quasi en la seva totalitat. Si no fos així, percebríem un moviment ràpid de l'escena, però gràcies a la supressió visualitzem tota l'escena estable.

Els moviments sacàdics durant la lectura es caracteritzen en tres paràmetres:

- Amplitud; d'uns 2 a 4 graus.

- Duració; aproximadament d'uns 250 ms. Aquesta duració oscil·la entre un 5-20% del temps de la lectura (*Escolar de la Torre, Ma. Cristina et al 2004*)
- Pic de velocitat; té valors d'uns 100-200 deg/s, tot i que pot arribar a valors de 500 deg/s inclús a 800 deg/s.

A mesura que augmenta l'amplitud del sacàdic, la duració es fa més llarga i la velocitat augmenta considerablement. Quan els moviments sacàdics són petits (els associats a la lectura) la supressió funciona molt bé i no percebem el moviment (*Rodríguez Montiel, M. 2015*)



Gràfic 2.1: Relacions entre amplitud sacàdica, velocitat i duració

2.4.2 Fixacions:

Les fixacions són les pauses que mantenen els ulls sobre les paraules per ser enfocades i analitzades. La seva funció no és més que mantenir la imatge centrada sobre la fòvea. Les fixacions no són moviments, sinó que, en aquest cas, els ulls romanen estàtics. Però realment, els ulls no estan el 100% del temps sense moviment, sinó que apareixen en aquest cas els petits moviments o micromoviments, els quals eviten el fenomen de *Fading*. La seva funció és la de mantenir la binocularitat.

La durada de les fixacions oscil·la sobre uns 200 a 350 ms. Tot i que les fixacions intenten mantenir la imatge estable sobre la retina, no vol dir que els ulls es mantinguin sense moviment.

Es produeixen certs micromoviments involuntaris que normalment són inferiors a 1° de l'angle. Poden arribar a establir un període d'uns 100 ms (Salthouse i Ellis, 1980; Viviani 1990)

Una vegada la paraula d'interès ha estat fixada, els moviments sacàdics la mantenen sobre la visió foveal.

Dintre dels micromoviments involuntaris es troben els microsacàdics que són molt ràpids i es produeixen binocularment. Són moviments correctius per establitzar la imatge sobre la fòvea.

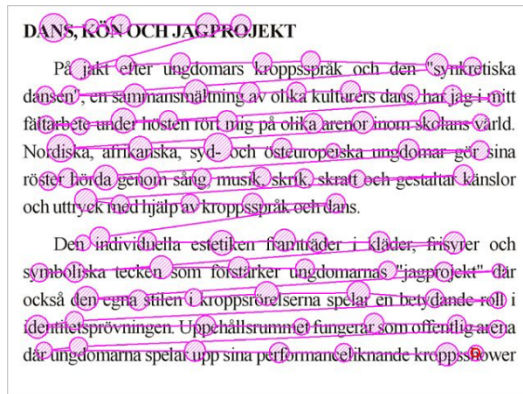


Figura 2.2: Exemple de fixacions i sacàdics en un text. Aquest és el patró típic dels moviments dels ulls en la lectura

2.4.3: Regressions:

Les regressions que són moviments cap a l'esquerre o cap enrere, que es realitzen per varis motius, (ja sigui per corregir la lectura de paraules i/o de frases) verificant el resultat de dites paraules o bé corregint algun error. Si hi ha moltes regressions en una lectura és fa lenta i el seu contingut no és comprensible. (García Hernández R.M. 2010)

En els lectors normalment hàbils, aquestes regressions apareixen en un 10-20% del temps de lectura, però els lectors pobres tendeixen a realitzar més fixacions i regressions que els lectors hàbils (Rayner 1998)

Els moviments de regressió es produeixen per diferents motius:

- Corregir la mala lectura de paraules o frases
- Donar una ullada a detalls interessants
- Verificar significats d'algunes paraules
- Corregir errors oculomotors

Els estudis demostren que les regressions augmenten amb la complexitat del text.

2.5. Mètodes d'avaluació dels moviments oculars en la lectura:

Els moviments sacàdics són salts d'imatge que produeixen els ulls per passar d'un objecte o paraula a un altre. Si aquest moviment de fixació es produeix en el mateix camp visual, aquests se'n diuen els moviments sacàdics de gran amplitud. Si per el contrari aquests moviments es realitzen en la lectura, parlem de moviments sacàdics de petita amplitud. Cada moviment sacàdic en la lectura va seguit d'una pausa per la seva comprensió lectora.

Per avaluar els moviments sacàdics de gran amplitud es fa de manera directa, en canvi, els de petita amplitud es poden analitzar mitjançant exàmens de textos viso-verbals i registres oculogràfics.

2.5.1 Mètodes:

Són proves clíniques en format viso-verbals. Es presenten estímuls visuals com per exemple símbols, lletres, etc (visual) i l'examinador cronometra el temps que el pacient triga en llegir (verbal).

2.5.1.1 Proves dels sacàdics de Pierce:

Aquesta prova conté una targeta de demostració i tres targetes de prova. Cada targeta té números seleccionats aleatòriament col·locats en ambdós marges de les proves de 21,5 cm per 27,7 cm. Va creixent la dificultat a mesura que avança el número de la targeta.

El seu procediment consisteix en:

1. El pacient ha de llegir els números d'amunt a avall, i d'esquerre a dreta, tan ràpid i precís com li sigui possible, sense utilitzar el dit. Després es compraran els temps amb les taules de valors esperats.
2. Al principi se li mostra la targeta de demostració, la qual té fletxes que li indiquen la direcció que ha de seguir.

3. A continuació, se li passaria la 1a targeta del test. Aquesta només té línies horitzontals.
4. La següent targeta no té línia, però la separació de números és la mateixa que en la primera targeta.
5. La 3a targeta no té línies, té la mateixa quantitat de números (30) de dígitos que la primera i la segona targeta, però ara els números estan més comprimits.



Figura 2.4: Targeta de prova dels sacàdics de Pierce. Test 1

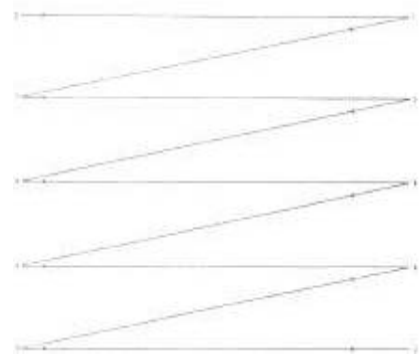


Figura 2.4.1: Targeta de demostració de la prova de sacàdics de Pierce



Figura 2.4.2: Prova de sacàdics de Pierce. Test 2



Figura 2.4.3: Test 3. Prova sacàdics de Pierce

EDAD	Tiempo en segundos			
	TEST 1	TEST 2	TEST3	TOTAL
6	42	44	53	139
7	33	41	41	115
8	27	31	34	92
9	22	25	32	74
10	21	23	24	67
11	20	22	24	67
12	19	21	22	63
13	18	20	21	59
14	17	19	19	56

Figura 2.4.4: Valors normalitzats segons l'edat de les proves dels sacàdics de Pierce

2.5.1.2 La prova de King-Devick:

Aquesta prova es una millora de la Pierce.

Donat que és una prova relacionada amb la lectura, els pacients haurien de fer fixacions aleatòries intermèdies a més de les del marge de la pàgina.

Està composta per els dígit dels laterals i per tres números aleatoris separats del centre de cada filera. Simula la fixació oculomotora de quan es llegeix i conté una targeta de demostració i tres de prova. Aquí hi ha 40 dígit, i en la de Pierce n'hi ha 30.

Tan la de Pierce com la K-D, tenen els mateixos problemes i és que els pacients poden dir els números lentament simplement perquè tenen dificultat per nombrar-los, ja que aquestes proves estan especialment fetes per nens i nenes, i no presenten exactament una disfunció oculomotora. Un altre problema és que els nens poden aprendre la prova al repetir-la una segona vegada.

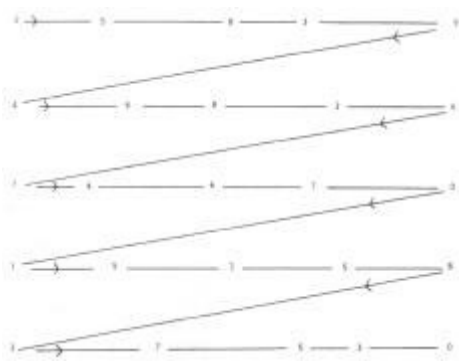


Figura 2.4.5: tarjeta de demostració dels sacàdics de K-D



Figura 2.4.6: Tarjeta de la prova de sacàdics de K-D (test 1)



Figura 2.4.7: Tarjeta de la prova de sacàdics de K-D (test 2)

	Edad	Media del tiempo (por edad)			TOTAL
		1	2	3	
Tiempo	6	30.98	37.05	51.00	119.03
		10.10	12.96	19.39	40.92
D. S.	7	26.71	31.12	43.06	100.89
		5.97	8.75	15.16	25.16
	8	22.98	24.89	31.26	79.13
		6.37	7.75	11.59	27.35
	9	21.02	22.89	29.53	73.44
		7.20	7.50	10.82	26.03
	10	19.72	20.79	27.76	68.27
		6.08	7.37	10.82	26.03
	11	17.58	18.95	20.39	56.92
		4.60	4.51	7.45	13.85
	12	16.49	17.68	19.42	54.05
		3.60	4.43	5.31	13.51
	13	16.29	16.96	18.98	52.23
		2.52	2.72	3.26	7.50
	14	14.86	16.87	18.73	50.46
		2.40	2.33	2.49	5.84

Figura 2.4.8: Valors normalitzats per edats del test K-D

2.5.1.3 Proves del Desenvolupament del Moviment Ocular (DEM):

Va ser feta per Garzia i Richman per a no produir els problemes de verbalització de les proves de K-D. Aquesta utilitza una pre-prova per veure si el pacient pot veure i distingir els dígit. Si el nen té dificultat per dir els números no es faria el DEM. Si diu bé els dígit, aleshores se li passaria els dos fulls amb els 40 dígit orientats verticalment. A continuació, se li passaria la de

80 dígit amb els números orientats horitzontalment. Es comparen els temps tan de les fulles verticals com de les horitzontals i es miren a la taula de valors estàndard en funció de l'edat. Si surt que el temps horitzontal és major, vol dir que hi ha una disfunció oculomotora.

3
7
5
9
8
2
5
7
4
6
1
4
7
6
3
7
9
3
9
2

4	3	7	5	9	8
5	2	5	7	4	6
2	1		4	7	6
1	7	9	3	9	3
7	4	5		2	2
5	5		3		7
3	7	4	6	5	8
7	7	4	6	5	2
4	9	2		3	4
8	6	3	2	9	1
7	7			4	2
4	6		3	7	8
5	5	3	7		4
2	4		5	2	1
9	7	9	3	9	2
2	1		4		3
3	2	5	7	4	6
9	6			9	8
2	4	3	7	5	8

Figura 2.4.9: Tarjeta del test DEM vertical

Figura 2.4.10: Tarjeta del test DEM horitzontal

Les figures 2.4-2.4.10 pertanyen a (*Maples W.C, Prova oculomotora NSUCO, any 1996*)

2.5.2 Mètodes de registre:

S'utilitzen els mètodes oculogràfics, els mètodes infrarojos de reflex en còrnia i els mètodes de videograbació.

2.5.2.1 Mètodes oculogràfics (EOG):

Els elèctrodes es posen al costat del cap i dels ulls, i es registren els moviments mitjançant els canvis mesurats en la energia elèctrica quan la còrnia es dirigeix a diferents punts de l'espai. L'aparell converteix aquestes dades de potencial elèctric en un diagrama de moviment de l'ull. Proporciona informació sobre el número de fixacions, regressions, duració de les fixacions, velocitat de lectura, eficàcia relativa i grau d'equivalència. L'avantatge respecte a altres mètodes és que aquest és independent del moviment del cap.

2.5.2.2 L'Eyelink, el Visigraph i el Ober-2:

Els eyetrackers són dispositius que permeten determinar la direcció de mirada de l'ull, mesurar la seva posició i el moviment ocular.

Aquest dispositiu s'empren principalment per àrees d'estudi, des de el marketing per saber que és el que més impacta als consumidors fins a l'àrea mèdica i psicolingüística.

Aquests instruments precisen d'una previ calibratge abans de portar a terme la prova amb la finalitat de saber amb exactitud la posició de l'ull.

Les característiques principals dels eyetrackers són:

- La freqüència de mostreig d'un eyetracker ens determina la quantitat d'informació proporcionada en dades per segon, és a dir, si el eyetracker és de 2000 Hz voldrà dir que ens estarà donant 2000 dades del moviment ocular.
- La resolució d'un eyetracker, determina la capacitat que té de detectar petits moviments.

Els sistema dels eyetrackings es basen en la combinació del reflex pupil·la/còrnia. És la tècnica més utilitzada actualment. Es tracta d'un mètode no invasiu que emet llum infraroges sobre l'ull humà, aquesta és reflectida quan ha arribat a la retina i dóna lloc a dos reflexes: el reflex pupil·lar i el reflex corneal (veure figura 2.4.11). La posició de cadascun d'ells permet saber posteriorment la posició de la mirada.



Figura 2.4.11: Prova Eye-tracker

Tan el eyetracker com el visigraph han d'anar calibrats i el cap ha d'estar estàtic. El calibratge és un factor molt important en el resultat de les proves. El Ober-2, requereix que el pacient porti posades les ulleres protectores posades, les quals van a il·luminar la còrnia.

2.5.2.3 Mètodes de videograbació:

Es graven en vídeo els moviments oculars. La seqüència dels moviments pot ser després estudiada amb programes informàtics per conèixer els moviments que realitza l'ull. (Díaz Álvarez et al. 2004)

2.6 Retard acomodatiu:

L'acomodació es defineix com el canvi diòptric en la potència de l'ull (Keeney 1955) que permet la visió nítida a diferents distàncies.

A continuació, es mostra una imatge del procés acomodatiu (veure figura 3.1). Les fibres zonulars que sostenen el cristal·lí es troben en el major estat de contracció quan la lent té el menor poder diòptric. Amb l'acomodació s'activa el múscul ciliar que provoca la reducció de la tensió de la zònula. Degut al poder d'elasticitat de la càpsula permet que el cristal·lí canviï el seu poder diòptric augmentant la curvatura del mateix. (Schiffman, Harvey 2011)

El procés acomodatiu, dona pas a 3 respostes fisiològiques:

- Contracció de la pupila
- Convergència
- Resposta acomodativa

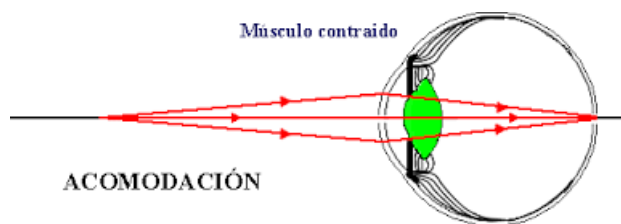


Figura 3.1. Procés acomodatiu

El conjunt d'aquestes 3 respostes fisiològiques dona lloc al que s'anomena triada acomodativa.

Clínicament es valora 3 aspectes de la funció acomodativa:

- Amplitud d'acomodació màxima (AA): és la màxima capacitat mesurada en diòptries que té l'ull de poder enfocar el cristal·lí. La capacitat màxima ronda aproximadament sobre unes 15 D i va decreixent conforme es van complint anys. A continuació es presenta una taula que relaciona l'edat amb la màxima amplitud acomodativa. (taula 3.2)

EDAD	AMPLITUD	EDAD	AMPLITUD
10	14 D	45	3.5 D
15	12 D	50	2.5 D
20	10 D	55	1.75 D
25	8.5 D	60	1 D
30	7 D	65	0.5 D
35	5.5 D	70	0.25 D
40	4.5 D	75	0 D

Taula 3.2: Relació de l'amplitud acomodativa amb l'edat.

Hi ha varis mètodes per mesurar l'amplitud d'acomodació:

- Fórmula de Hoffstetter: Mitjançant un càlcul $AA = 18,5 - 1/3 \times \text{edat del pacient}$.
- Mètode de Donders: Consisteix en anar apropant un objecte en visió propera (VP) de forma monocular fins que el pacient deix-hi de veure'l nítid. Posteriorment es mesura la distància (punt pròxim) i la inversa en metres ens dona la AA en diòptries.
- Mètode de Sheard: Consisteix en situar un optotip a 33 cm del pacient i, amb un foròpter anar anteposant lents negatives monocularment en passos de -0,25 D. Quan el pacient refereix visió borrosa i no pot aclarir les lletres, obtindrem la $AA = \text{quantitat de lents negatives} + 3D$ (enfoc a 33 cm)
- Flexibilitat acomodativa: És la capacitat que té un individu de fer salts d'enfoc, és a dir, canvis en l'acomodació. Es pot realitzar monocularment o binocularment.

Si es realitza monocularment es mesura la capacitat de l'individu de fer canvis acomodatius en el seu sistema visual, tan de lluny com de prop.

Si es realitza de forma binocular es mesura la flexibilitat acomodativa, mantenint la vergència estable. Per a aquesta prova es necessiten flippers de ± 2 D (veure figura 3.3)

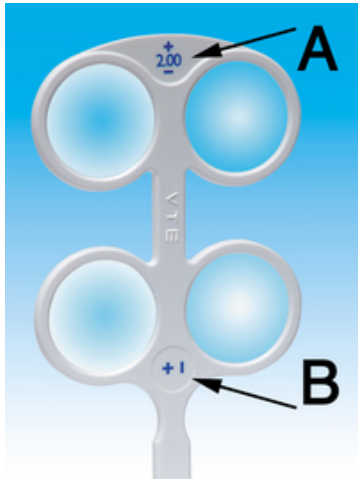


Figura 3.3: En un extrem trobem les lents de -2 i en l'altre les de +2. Per portar a terme la proves es van girant les lents.

El pacient es col·loca amb la seva correcció a 40 cm del optotip. Aquest, ha d'estar ben il·luminat. El pacient comença primer monocularment anteposant el flipper de +2 fixant-se en l'optotip. Quan l'individu ha sigut capaç d'aclarir el text, girem el flipper i fem el mateix amb la lent de -2 D, i així successivament, durant 1 min. Seguidament, anotaríem el nº de vegades que ha girat el flipper (c.p.m) (1 cicle complet seria comprés entre un canvi de +2 i -2D). Al final, es faria la prova binocularment.

- Retard acomodatiu o postura acomodativa (LAG i LEAD) és una mesura qualitativa de l'acomodació i es tracta de la diferència, en diòptries, de l'estímul acomodatiu i la resposta acomodativa
- La resposta acomodativa és la quantitat acomodativa que resulta d'una imatge nítida. Encara que l'acomodació no sigui exacta, la imatge és nítida (profunditat de focus). S'expressa en diòptries (veure figura 3.4)

- L'estímul acomodatiu és la situació de l'objecte que s'està enfocant. S'expressa en metres.

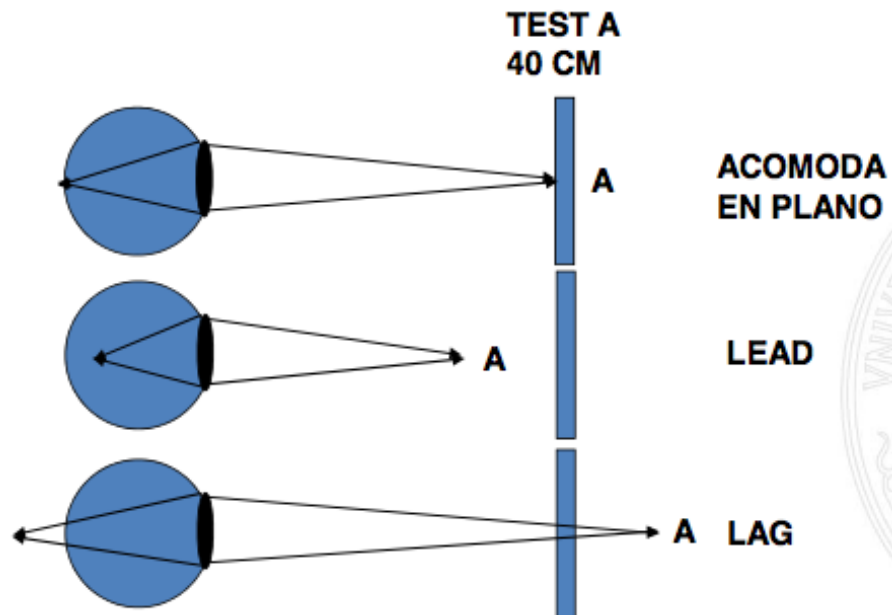


Figura 3.4: Determinació de la resposta acomodativa. El pacient pot acomodar sobre pla. Pel contrari, pot estar hiperacomodant (lead) o hipoacomodant (lag)

2.6.1 Proves per a la determinació de la Resposta Acomodativa basades en la retinoscopia:

Existeixen varies proves per la determinació del retard acomodatiu. Es pot obtenir amb dos instruments diferents, un seria el retinoscopi i l'altre un autorrefractòmetre. Seguidament, explicarem dues tècniques molt emprades en l'àmbit clínic que s'obtenen amb el retinoscopi:

- Mètode d'estimació monocular (MEM) o retinoscopia estàtica:

Determina el retard acomodatiu amb un retinoscopi en posició de mirall pla. El pacient mira un text a 40 cm amb els dos ulls oberts i normalment visualitza les lletres que se li posen al retinoscopi. Podem obtenir 3 resultats; el primer un moviment directe amb al que anteposarem lents positives per neutralitzar-lo; el segon sense moviment, ja neutralitzat i, el tercer, el moviment invers al qual hi anteposarem lents negatives. El valor de normalitat per el mètode MEM és d'un +0,75 D (*Rabbets 1998*)

- Retinoscopia dinàmica NOTT:

En aquest cas, també situem un optotip de prop a 40 cm, li diem al pacient que es fixi-hi en aquelles lletres. Amb aquest mètode també obtenim 3 moviments. Primer, el moviment directe, en el que per neutralitzar-lo ens desplaçaríem cap enrere, segon, neutre, no ens hauríem de moure i, tercer, el moviment invers, el qual no podríem obtenir el resultat quantitatiu. El valor de normalitat per el mètode NOTT seria de +0,50 D (*Le Grand 1980*)

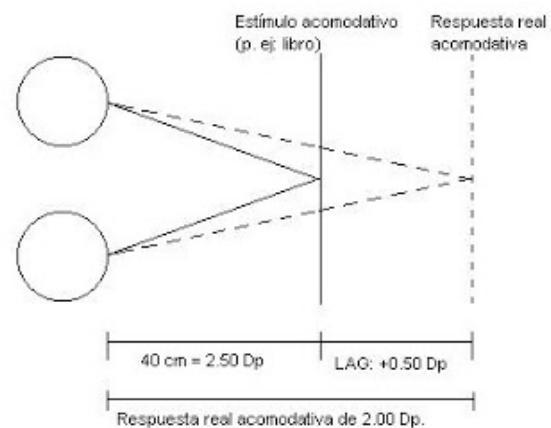


Figura 3.5: Obtenció del retard acomodatiu mitjançant el mètode NOTT.

En el dibuix es veu un exemple de l'obtenció del retard acomodatiu.

Tenim un estímul situat a 40 cm. L'esforç acomodatiu que una persona ha de fer per enfocar aquell objecte correspon a 2,50 D.

Amb el retinoscopi, obtindríem moviment directe. Si utilitzem el mètode MEM anteposariem lents positives de +0,50 D fins a tenir neutralitzat el reflex. Això vol dir que la resposta acomodativa seria de 2 D.

Si utilitzéssim el mètode NOTT, per neutralitzar el moviment, hauríem d'anar cap enrere fins a una distància de 50 cm. En aquest cas, a 50 cm estem acomodant 2 D, per tant, aquest valor seria la resposta acomodativa. Si fem la diferència entre l'estímul acomodatiu i la resposta acomodativa obtenim el retard.

2.6.2 Mètodes per la determinació de la Resposta Acomodativa basades en un autorrefractòmetre:

Els autorrefractòmetres són instruments automàtics per la mesura objectiva de l'estat refractiu ocular basats en diferents principis com poden ser la retinoscopia o el principi de Scheiner (*Martínez-Corral 1998*).

Àmpliament utilitzats en clínica per la determinació de la refracció, el seu ús per la resposta acomodativa és molt escàs. En canvi, en estudis si que s'han utilitzat per obtenir-la (*Mordi 1998, Wold 2003, Wolffsohn 2006*). La mesura de la resposta acomodativa d'aquests instruments es fa aplicant la diferència entre el valor refractiu de lluny amb el de la visió propera. Per tant, ens donen una graduació objectiva on hi apareix l'esfera, el cilindre i l'eix tan en VL o VP, segons com s'estigui realitzant la mesura.

La majoria dels autorrefractòmetres varien la vergència del test de fixació mitjançant un sistema Badal (*Atchison 1995b*). No obstant, l'autorrefractòmetre més utilitzat en la mesura de l'acomodació, Canon Autorefract R-1 (*McBrien 1985*), feia servir un gran separador d'un feix que permetia visió de camp obert, amb una estimulació de l'acomodació més natural que millora la resposta acomodativa degut a la pista de proximitat (*Rosenfield 1990*). Aquest model va ser utilitzat per diferents estudis relacionats amb l'acomodació (*Heron 1999, Kalsi 2001*) i encara que no es fabriqués, en l'actualitat existeixen diferents autorrefractòmetres, Gran Seiko WR-5100K (*Davies 2003*) i Shin-Nippon SRW-5000 (*Mallen 2001*), que amb similars característiques estan donant lloc a noves mesures objectives de l'acomodació (*Wolffsohn 2006, Win-Hall 2007*).

2.7 Procés lector:

S'entén com a lectura el procés que parteix de la visió d'un text fins la comprensió del mateix. De forma general, comprèn aquestes etapes:



Figura 4.1: Etapes procés de lectura

La primera es l'etapa física. És una part fisiològica en la que es porta a terme la percepció fent l'ús dels sentits, en aquest cas de la vista. En aquí, és on es tenen en consideració els moviments sacàdics en la lectura.

En l'etapa neuropsicològica és on es porta a terme la comprensió i la interpretació. Aquí és on es descodifiquen les cadenes gràfiques a través de les connexions psíquiques-neurològiques.

I, per últim, l'etapa actitudinal on es porta a terme la reacció i la integració. Aquesta és l'etapa de comprensió, en la qual la visió ha estat la característica més important per arribar a aquest punt final.

Diferents factors poden influir en l'etapa visual (física) de la lectura com:

- Factors físic-fisiològics:
 - La percepció: factor físic més important per el futur desenvolupament de la capacitat lectora, fent ús de l'ull humà.
 - Coordinació visual: són els punts de fixació o camp visual, per percebre grups de símbols o paraules.

- Factors físic-psicològics:
 - Estat de salut general: la bona salut influeix en el bon desenvolupament òptim del lector. Si es pateix d'acefàlies, estats de depressió, abúlia o hipertensió, per exemple, es pot veure afectada l'etapa física.
 - Domini cerebral: el domini de la lateralitat cerebral (esquerre per els dretans i dret per el esquerrans).
- Factors psicològics:
 - La traducció: descodificació de signes verbals i gràfics.
 - La interpretació: posar en funcionament tots els centres cerebrals
 - Reacció i integració: sentit de criticitat en la lectura.

2.8 Ús de filtres cromàtics en la lectura:

2.8.1 Generalitats:

Es diu que l'ús de filtres de colors en la lectura pot millorar la lectura i/o el confort visual durant la lectura en certs individus. El que es vol és evitar la fatiga i augmentar la fluïdesa al llegir i poden ser utilitzats per persones dislèxiques, no dislèxiques i tan nens com adults. (Wilkins A. 2003)

Helen Irlen és una psicòloga americana que al 1982 va descobrir que diferents filtres de colors ajuden a diferents pacients amb problemes en la lectura. Des de aleshores la seva troballa s'ha estès molt i s'han provat aquests filtres en diferents problemes, com són:

- Dislèxia
- Dificultats d'aprenentatge
- Autisme i trastorns relacionats

- Alteracions del reconeixement
- Migranyes

L'ús del tractament no es limita només a l'ús de filtres, sinó que impliquen ulleres de colors i lentilles.

Bàsicament, entre el 10-12% de la població tenen una alteració en el ritme en l'impuls nerviós de les neurones del sistema magnocel·lular (controla el moviment sacàdic) respecte els del parvocel·lular (encarregat d'analitzar les lletres de les paraules durant la fixació) i un 65% que ho pateixen són dislèxics. Aquest problema es coneix com a síndrome de Irlen. Aquestes alteracions, a vegades, passen desapercebudes per la persona que ho pateix, ja que durant tota la seva vida ha vist d'aquesta manera i no ha pogut comparar si realment podia veure millor.

Els símptomes de la hipersensibilitat visual (síndrome de Irlen) són més apreciables en la lectura, ja que les pàgines són en blanc, fet que produeix una saturació dels fotoreceptors (cons i bastons). Un gran número de persones que pateixen migranyes habitualment, són conscients de com la llum els hi afecta decisivament. El tractament de la Dra. Irlen està ajudant a aquests tipus de problemes des de fa més de 25 anys a reduir-los i en altres casos a eliminar-los.

Els símptomes que apareixen en la lectura són:

- Prefereix llegir amb poca llum
- Llegeix lent i/o entretallat
- Pobre comprensió lectora
- Dificultat per llegir de manera consensuada, sense pauses
- Es salta paraules o línies al llegir
- S'inventa paraules al llegir
- Li molesta la enlluïment de la pàgina
- Llegir li produeix son i/o cansament
- Al llegir els ulls li piquen
- Llegir li provoca mals de caps
- Comet errors al copiar

- Es torça amunt o avall al escriure
- Escriu brut i desordenat

La constant adaptació a les lletres o al fons blanc produeix fatiga, incomoditat, i, el més important, limiten el temps que aquestes persones poden estar llegint i en la comprensió lectora (*instituto de neuropsicología y pedagogia avanzada s.l, 2016*). Avui dia es parla d'estrès visual.

Respecte al color, en termes generals, nosaltres podem percebre els colors procedents de la llum en el rang de 380 nm a 780 nm, aproximadament. Les longituds d'ona més curtes corresponen al color violeta i, a mesura que anem augmentat la longitud d'ona, passem a blau, verd, groc, carbassa i vermell.

La definició més exacta la va donar el *Comité de Colorimetría de la Sociedad Americana de Óptica* explicant que el color depèn de la llum.

La Comisión Internacional de Eclairage 1976 van unificar un mètode per representar la percepció cromàtica a través del diagrama de cromaticitat.

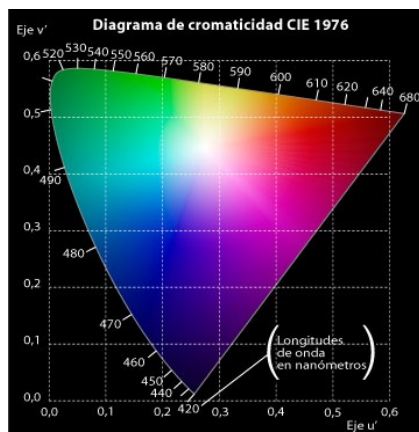


Figura 5.1: Diagrama cromàtic

2.8.2 Mètodes per la selecció de filtres en la lectura:

Abans de començar a explicar els mètodes per la selecció de filtres s'ha d'esmentar que no tothom li convé el mateix color, ja sigui per el problema diagnosticat que pateix-hi, per la seva distribució del fotoreceptors, etc.

2.8.2.1 Mètode d'Irlen

Helen Irlen es va adonar que certs pacients seus llegien més confortablement quan es posaven un filtre de color davant del paper que llegien. Va utilitzar, per el seu estudi, làmines d'acetat de diferents colors que es col·loquen davant del material de lectura bastant-se en el diagrama cromàtic. El pacient valora de forma subjectiva el filtre i li permet un millor confort visual i una millor percepció del text.

2.8.2.2 Mètode d'Arnold Wilkins i el Intutive Colorímeter

Arnold Wilkins introdueix el terme estrès visual per englobar aquestes molèsties esmentades anteriorment. Inicialment, utilitzava làmines d'acetat de diferents colors per sobre del text per alleujar els símptomes que produïen el síndrome d'Irlen. Amb la finalitat d'objectivar una mica més el mètode de selecció dels filtres, dissenya el que se'n diu el Wilkins Rate of Reading Test (WRRT). És un text de lectura de paraules soltes i sense sentit semàntic que l'individu ha de llegir tan amb filtres com sense filtres mentre es comptabilitza el número de paraules que pot llegir en un minut. Si la millora amb els filtres és >al 5% es considera que el subjecte es beneficiarà de l'ús d'aquests filtres. (*Peris. E, Castañé M. 2005*)

Amb posterioritat, Arnold Wilkins va començar a utilitzar lents oftàlmiques tintades. Al 1993 va ser el primer cop que es va utilitzar una eina que facilités l'elecció subjectiva del color de les lents, l'Intuitive Colorimeter, explicada amb més detall posteriorment.

Estudis previs prescrivien filtres de colors (fulles de plàstic sobre el text) van trobar que entre un 30-50% dels nens mostraven una significant millora en la tasca(>5%)(Q) (*Evans and Joseph, 2002*).

L'Intuitive Colorímeter va ser desenvolupat per Arnold Wilkins. Aquest dispositiu té com a objectiu aportar el color exacte que la persona amb estrès visual o fatiga necessita per alleugerar aquests símptomes.

Varia les condicions de enlluernament, saturació i el matís mentre que els ulls són adaptats als canvis de colors. El resultat serà el color més precís que aquell pacient necessita per disminuir els

seus símptomes. El color serà diferent per a cada persona i la precisió prové d'escollir entre 100.000 combinació de colors ara disponibles.

L'avaluació dura aproximadament entre uns 20-30 min per la selecció dels filtres. El color escollit en aquell moment pot variar amb el temps, especialment amb els nens. El color també pot estar disponible amb una lent de contacte tova. ® (Cerium, 1994)



Figura 5.2.1: Intuitive Colorimeter

2.8.2.3 Mètode de Chromagen:

Per finalitzar, la gamma de filtres Chromagen va ser creada els anys 90 per Harris. Es van basar en el mètode Irlen i utilitzant lents oftàlmiques com Wilkins, va disminuir el número de lents de prova a 8, fent més ràpida la selecció per part del pacient. Igualment utilitza el WRRT per determinar els casos en que l'ús pot ser beneficiós.

La gamma de filtres Chromagen, s'han fabricat per ajudar a les persones daltòniques a distingir els colors. En les proves inicials, més d'un 97% dels pacients van notar un canvi significatiu en la percepció dels colors. Posteriorment, es va utilitzar també per a persones dislèxiques. En l'actualitat s'utilitzen per persones amb incomoditat visual en la lectura.

Els filtres Chromagen inclouen una sèrie de filtres, entres ells estan, el groc, el blau aqua, el blau, el taronja, el magenta, el violeta, el verd i el rosa.



Figura 5.2.3: Lents Chromagen

3. Objectius:

3.1 Objectius genèrics de l'estudi

L'objectiu principal d'aquest treball és estudiar l'efecte que produeixen les lents cromàtiques sobre els moviments oculars i la resposta acomodativa en la lectura. Per portar a terme aquest estudi s'han utilitzat un *eye tracker* (Eyelink 1000 plus) per poder valorar els moviments oculars i un autorrefractòmetre (Seiko WAM) en una mostra de subjectes joves d'edat entre els 18 i els 25 anys.

3.2 Objectius específics de l'estudi

- Valorar la repetibilitat de les mesures tan de la motilitat ocular com del retard acomodatiu.
- Valorar l'efecte d'una lent transparent i neutre en la motilitat ocular i el retard acomodatiu.
- Comparar l'efecte que sobre la motilitat ocular i el retard acomodatiu té un filtre cromàtic escollir com confortable i un altre escollit com a incòmode.

Per els moviments oculars en la lectura s'estudien els moviments sacàdics, les fixacions i les regressions que es duen a terme en el procés lector, en les diferents condicions. Els paràmetres a estudiar pels moviments sacàdics són el número, la durada, l'amplada X i la velocitat mitja; per les fixacions són el número, la durada i la longitud; i per les regressions són el número, la durada, l'amplada X i la velocitat mitja.

Per la resposta acomodativa, només estudiarem el retard acomodatiu en les diferents condicions.

A més, s'han variat les condicions d'examen per fer la valoració de les mesures esmentades en condicions habituals (sense lents), amb un filtre transparent i neutre, amb un filtre cromàtic com a més confortable i amb un altre com a més incòmode per a la lectura.

4. Metodologia:

En aquest apartat, en primer lloc es descriuen la mostra que ha estat seleccionada per realitzar aquest estudi. En segon lloc, s'exposaran els instruments emprats per la realització de la part experimental del treball, i finalment s'explicarà de manera detallada el protocol seguit a l'hora de fer les mesures.

4.1 Selecció de la mostra:

En aquest apartat parlarem sobre com es van seleccionar els subjectes que van formar part de la mostra.

Els subjectes havien de complir els següents criteris d'inclusió per poder formar part de la mostra:

- Edat compresa entre els 18-25 anys
- Presentar Agudesa Visual (AV) monocular superior o igual a la unitat tant en visió llunyana (VL) com en visió propera (VP) amb la millor correcció
- Presentar un error refractiu entre ± 6.00 DE
- No presentar astigmatisme superior a 1.00 DC
- No podien presentar cap tipus de discromatòpsia
- No podien tenir antecedent d'estrabisme, ambliopia o patologia ocular
- No haver estat sotmesos a cirurgia ocular
- No presentar diagnòstic de dislèxia
- Haver signat el consentiment informat
- Portador habitual de LC (si astigmatisme > 1 DC)

Dels 35 subjectes que van estar interessants en l'estudi només 29 complien els criteris establerts, aquests abans d'iniciar les proves de l'estudi se'ls va proporcionar informació escrita sobre les característiques de les diferents proves que haurien de realitzar i també van haver de signar el consentiment informat (Annex 1)

4.2 Instrumentació

Tot seguit es farà èmfasis en els instruments utilitzats per a dur a terme l'estudi.

4.2.1 Eyetracker: Eyelink plus

L'Eyetracker (Eyelink 1000 plus) és l'instrument utilitzat per obtenir les mesures dels moviments oculars. La realització de les proves es divideix en dues subcategories:

- **El sistema de registres de moviments oculars (Eyetracker: Eyelink 1000 plus):**
 - **Sistema de recolzament de barbeta i front;** per a que el cap del pacient quedi fixat al llarg de tot el registre.
 - **Eyelink 1000 plus càmera;** (figura 6.1) és un sistema de camp obert no invasiu compost per una càmera d'alta sensibilitat a la llum infraroja i un panel de LEDs d'infrarojos que es projecten sobre els ulls del participant. La càmera enfoca binocularment als ulls del pacient i el panel de LEDs projecta la llum infraroja sobre ells. El sistema *eye tracker* pren com a referent, per el processament de dades, el centre pupil·lar i la reflexió corneal (figura 6.1) que mitjançant algorismes permet mirar on està mirant el pacient.

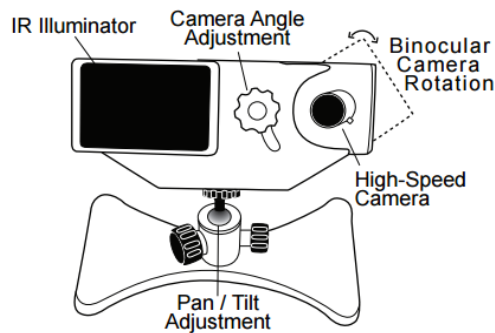


Figura 6.1: Eyelink 1000 plus camera



Figura 6.2: Reflex corneal i reflex de pupila

Les característiques de la càmera són:

Frecuencia de muestreo	2000hz monocular / 1000hz binocular
Precisión	0.25 ° - 0.5°
Resolución	< 0.01° RMS

Taula 4.1: Característiques tècniques de l'eyelink 100 plus

- **Ordinador de control de registres (Host PC):** és un ordinador que permet calibrar la posició de la mirada del participant. Computeritza la posició de mirada del participant durant tot el desenvolupament de la prova i processa totes les dades captades per la càmera.



Figura 6.3: Host PC durant el calibratge

- **El sistema d'estimulació per les diferents proves de moviments oculars:**

- **Ordinador per la presentació del estímuls (Display PC):** és l'ordinador que realitza l'execució de cada prova per aquest estudi.
- **Programa Experimet Builder:** programa per al disseny i el desenvolupament de les diferents proves per analitzar els moviments oculars. És capaç de mostrar diferents estímuls visuals i auditius d'alta precisió. Executa les proves en el Display PC

4.2.2 Autorrefractòmetre Seiko WAM 5500

El Seiko WAM 5500 és un autorrefractòmetre automàtic infraroig de camp obert i un queratòmetre (figura 6.5), que s'ha demostrat que és molt eficaç per a l'estudi de la visió (Win-Hall et al., 2010; Sheppard & Davies, 2010).



Figura 6.5: Grand Seiko WAM 5500

Principi de funcionament:

Per poder obtenir els valors de refracció, l'instrument projecta un anell lluminós d'infraroig centrat en l'eix òptic dins de l'ull del pacient.

Aquest anell serà detectat per un sensor CCD i s'analitzarà mitjançant el processament d'imatges per tal de calcular les dades refractives (esfera, cilindre i eix).

Característiques de l'instrument:

Aquest instrument, a part de realitzar mesures estàtiques també permet realitzar mesures dinàmiques de la refracció, i per tant mesures dinàmiques de l'acomodació, així com la mida pupil·lar.

Esfera	Rang de $\pm 22D$ Passos de 0.01/0.12/0.25D
Cilindre	Rang de $\pm 10D$ Passos de 0.01/0.12/0.25D
Eix	De 0° a 180° Passos d' 1°
Radis cornials*	5.0 a 10.0 mm Passos de 0.01 mm Potència: 33.75-67.50 D
Distància de vèrtex	0, 10, 12, 13.5 o 15 mm
Diàmetre pupil·lar	Recomanat de 2,3 mm

Taula 4.2: Característiques del Grand Seiko WAM 5500

*El radi central de la còrnia es calcula per l'anàlisi de la imatge de l'anell infraroig reflectida per la còrnia, el diàmetre del qual es mesura en 3 meridians diferents separats entre ells 60° .

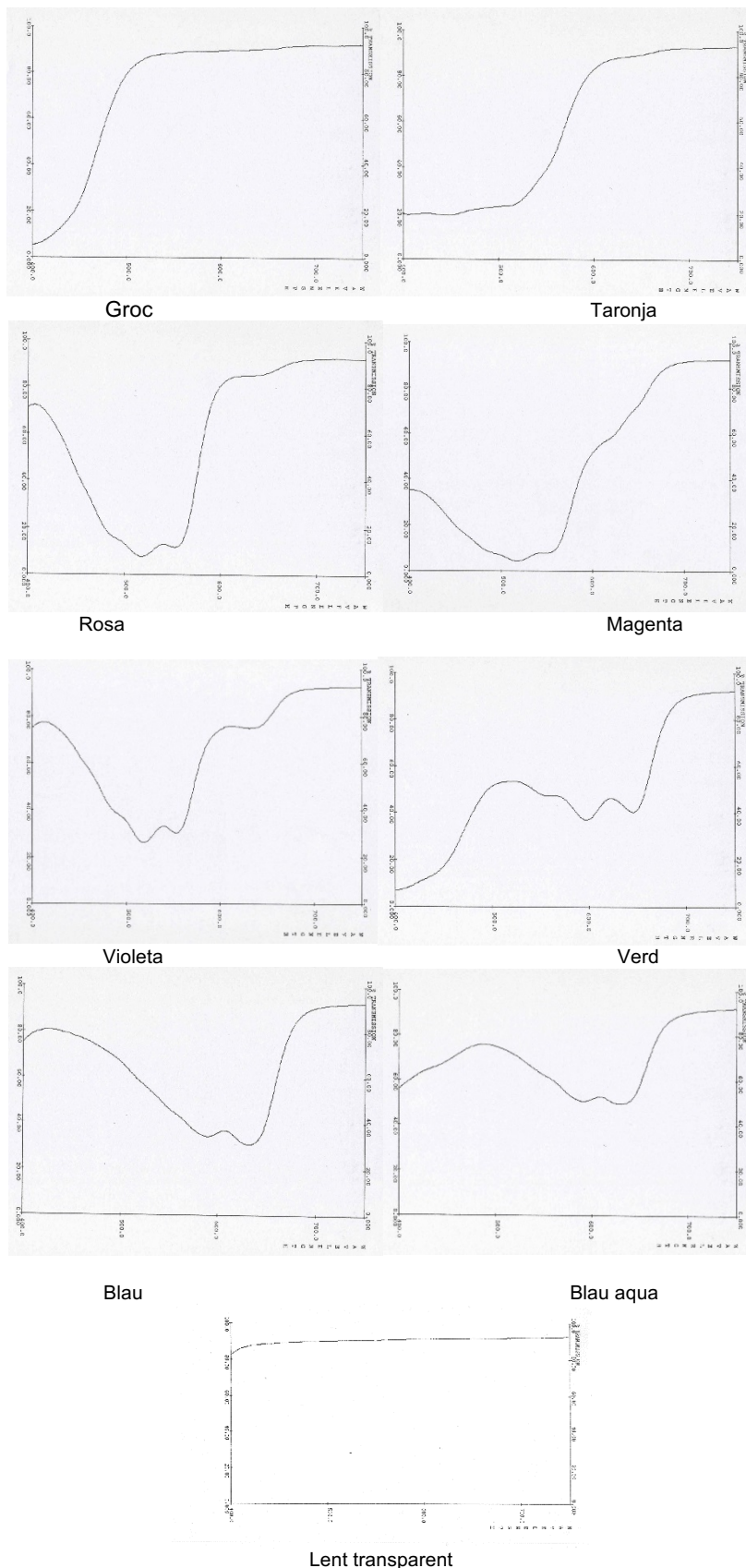
Per iniciar les mesures, és necessari alinear la pupil·la de l'ull del pacient. Si volem fer les mesures en mode estàtic, només s'ha de prémer el botó central del joystick i l'instrument dona automàticament els valors de la refracció.

4.2.3 Chromagen:

Són uns filtres cromàtics distribuïts per l'empresa Chromagen. Es tracta d'una gamma de filtres de vuit colors diferents. Els colors dels filtres són:

- Groc (Y)
- Verd (G)
- Blau (B)
- Blau aqua (A)
- Magenta (M)
- Rosa (P)
- Violeta (V)
- Taronja (O)

A més, es va utilitzar una lent oftàlmica transparent amb antirreflexant. Els 8 filtres cromàtics tenen diferent transmitància cadascun d'ells. A continuació es mostren els gràfics on es relaciona la transmitància amb la longitud d'ona:



Gràfic 1.3: Percentatge de transmissió (%) versus la longitud d'ona en nanòmetres (nm) de cada filtre Chromagen

4.2.4 Textos de lectura:

Les diferents proves que s'han de realitzar per poder analitzar els moviments sacàdics en la lectura, s'han desenvolupat amb el programa informàtic *Experiment Builder*. Per evitar l'efecte aprenentatge es va treballar amb diferents textos per les diferents proves o condicions. Per a que tots els textos tinguessin el mateix nivell de comprensió es van extreure paràgrafs del llibre “La noia del tren” de *Paula Hawkins*. Tots els paràgrafs seleccionats complien les següents característiques:

- Es van seleccionar fragments de 10 línies
- Amplada: 8,5 cm
- Llargada: 27 cm
- Tipus de lletra: Tahoma
- Mida: 12 punts

Tots ells es visualitzaven a través d'una pantalla d'ordinador a una distància del pacient de 50 cm.

4.3 Protocol de mesura

A cada participant se li assignava un nº identificatiu (ID). Els pacients que necessitaven compensació optomètrica per assolir els criteris d'AV se'ls hi proporcionaven lents de contacte hidrofíliques esfèriques, en cas de que hi hagués presència d'astigmatisme es calculava l'equivalent esfèric (EE), aquest pas s'havia de fer ja que les mesures que s'han de realitzar amb l'eye tracker no poden ser fetes amb ulleres, doncs l'instrument no pot captar els moviments oculars.

El pacient abans d'iniciar la presa de mesures també havia de respondre les preguntes d'uns qüestionaris (Annex 2).

Tot seguit s'explicava detalladament en que consisteix la prova que cada un dels pacients havien de realitzar per poder prendre les mesures de l'estudi. Cada pacient ha de llegir uns textos, que han estat extrets del llibre “La noia del tren” de *Paula Hawkins* en castellà, aquests textos han estat tots ells organitzats amb les mateixes característiques. Mentre el pacient està llegint cada un dels textos els seus moviments oculars són enregistrats amb un *Eye tracker*. Posteriorment, es faran preguntes sobre els textos per conèixer si hi ha hagut comprensió de

la lectura. A cada un dels pacients, també, s'avaluarà el retard acomodatiu a partir d'un autorrefractòmetre (*Seiko WAM*).

Finalment, hi ha un espai per omplir conforme hi estàs d'acord en participar en l'estudi. A partir d'aquí es podia començar a fer les mesures.

En tot moment es van respectar els drets dels participants, guardant la seva confidencialitat d'acord amb la normativa espanyola, la "Ley Orgánica 15/1999 del 13 de diciembre de la Ley Orgánica de Carácter Personal" i així com el dret de respectar la decisió d'abandonar l'estudi si ho creia necessari.

Totes les proves van ser realitzades al centre d'investigació GAIA, Rambla Sant Nebridi nº 5 al departament DAVALOR entre els mesos de novembre 2015 i gener del 2016.

4.3.1 Filtres cromàtics:

Abans d'iniciar les mesures de cada un dels participants de l'estudi cada subjecte havia de seleccionar dos parelles de filtres cromàtics una que correspon als filtres que proporcionen major comoditat a l'hora de llegir i l'altra parella de filtres que proporciona pitjor comoditat.

La selecció dels filtres es duia a terme de la següent manera:

L'individu es situava davant d'una tablet, amb la il·luminació de la sala i enlluent de la tablet sempre de les mateixes característiques. En ella, es presentaven de manera aleatòria un dels textos confeccionats

Tot seguit, el pacient tenia 8 jocs de lents cromàtiques (chromagen) que havien d'anteposar-se, binocularment i en ordre aleatori, sobre els ulls mentre llegia.

El propòsit d'aquesta prova era escollir dues parelles de filtres el millor filtre i el que correspondria al pitjor filtre.

Primerament, s'agafava tot el mostrari de filtres i es triava aleatòriament una parella de filtres i es preguntava si la visió amb ells era natural o artificial, confortable o incòmode en definitiva quina sensació el subjecte percebia de la lectura a través dels filtres. Aquesta prova es feia en cada una de les parelles de filtres que proporcionava una lectura més còmode (millor filtre) i el que provocava una sensació més incòmoda (pitjor filtre).

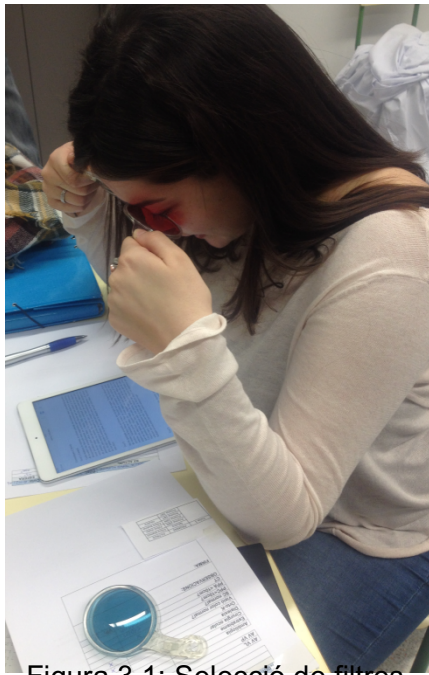


Figura 3.1: Selecció de filtres



Figura 3.2: Selecció de filtres

4.3.2 Registre de moviments oculars:

Les diferents proves dels moviments sacàdics de petita amplitud en la lectura, les fixacions i les regressions, s'han desenvolupat amb l'*Experiment Builder* on es parteix amb els diferents paràgrafs del llibre. Aquests paràgrafs contenen 10 línies de text, les quals, posteriorment només es farà un anàlisi de la segona línia a la penúltima. D'aquestes línies es van estudiar uns certs paràmetres estàndards per a totes les condicions.

Els paràmetres a analitzar per a les fixacions són els següents:

- Número de fixacions
- Longitud de la fixació (píxels)
- Duració de la fixació (ms)

Els paràmetres que s'estudien per els moviments sacàdics són:

- Número de sacàdics
- Duració del sacàdic (ms)
- Amplada horitzontal del sacàdic (píxels)
- Amplada vertical del sacàdic (píxels)
- Velocitat mitja ($^{\circ}/s$)

Els paràmetres a analitzar per les regressions són:

- Número de regressions
- Duració de la regressió (ms)
- Amplada horitzontal de la regressió (píxels)
- Amplada vertical de la regressió (píxels)
- Velocitat mitja ($^{\circ}/s$)

Per la posterior anàlisi, els salts de línia es van eliminar i, a més a més, també es va tenir en compte el temps total de lectura per a cada condició. Mesurat en mil·lisegons.

Per la valoració de cadascun d'aquests paràmetres es van fer un total de 5 proves, dues en condicions habituals d'examen, una amb el filtre transparent, una amb el millor filtre i l'altre amb el pitjor. A cada prova s'analitzaven els mateixos paràmetres.

La prova estava formada per 5 parts on després d'haver llegir el test hi havia un descans per la persona i per fer el canvi de filtre.

Abans de tot, en el programa *Experiment Builder* es tenia descrit el tipus de circuit que es volia que es presentés en la pantalla per a la realització de les proves.

- Calibratge:

Quan l'experiment està obert, abans de portar a terme la calibratge del dispositiu, se li deia al pacient que s'assegués còmodament recolzant la barbeta i el front a la mentonera i que després de la posterior calibratge no es podrà moure fins que no acabin les 5 proves.

Una vegada acomodat, se'l calibrava binocularment a partir del Host PC i de l'Eye tracker. Se li va dir que s'havia d'estar quiet i que, seguidament, apareixeria un estímul negre que anirà sortint per la pantalla. L'ha d'anar seguint sense moure el cap, només amb el moviment dels ulls.

- Moviments sacàdics, regressions i fixacions:

Una vegada s'ha calibrat al pacient; es dona pas a la realització de les proves per obtenir els moviments sacàdics, les regressions i les fixacions.

Totes les proves es van realitzar a 50 cm de la pantalla i l'eye tracker a 40 cm (no va poder ser a 40 cm de la pantalla perquè l'eye tracker no detectava els moviments oculars amb els filtres per davant d'aquella posició) amb els diferents textos, el qual es va intentar que tinguessin les

mateixes característiques que un llibre de lectura en un *e-book*. La mida de la lletra era de 12 i en lletra Tahoma.

Quan apareixien els textos, se'ls hi va dir que els llegeixin per si mateix i que ho facin saber quan haguessin acabat de llegir. Per cada text, excepte un, se'ls hi anava donant uns filtres que s'hauran d'anteposar davant dels ulls, sempre sense moure's de la mentonera.(veure figura 9)



Figura 9: Individu desenvolupant la prova de l'eyelink

Tot seguit, quan havien acabat el text i ens ho hagueren notificat es procedia a una pregunta per valorar la comprensió lectora. Seguidament, quan el pacient estava preparat, es passava al següent text amb un filtre diferent i amb la pregunta final i, així, successivament.

Quan acabaven les proves, se li deia al pacient que es podia retirar de la mentonera. Els resultats es guardaven directament per després poder fer l'anàlisi.

4.3.3 WAM:

Després de finalitzar les proves amb l'eye tracker, es convidava al pacient a assentar-se en un tamboret on davant hi tenia l'autorrefractòmetre *Seiko Wam 5500*. Se li indicava que havia de recolzar la barbeta a la mentonera i el front davant.

En aquest cas, també es feien les proves aleatòriament amb l'orde d'aleatorietat que el individu havia escollit prèviament. Però, en aquest cas, la primera prova que es feia era en VL sense cap tipus de filtre, en condicions habituals normals. El text que es va utilitzar per la prova de lluny era la creu de malta. Se li deia que es fixés en el seu punt central per a poder fer la mesura.

Tot seguit, es passava a les lectures de prop (veure figura 10) Aquestes es feien amb un optotip de prop i se'ls hi deia que s'havien de fixar en un lletra. En aquest moment, per a cada mesura s'anava canviant les condicions d'exàmens, ja sigui amb el millor filtre, filtre transparent i el pitjor filtre.

Totes les mesures de l'autorrefractòmetre es feien per a l'UD.

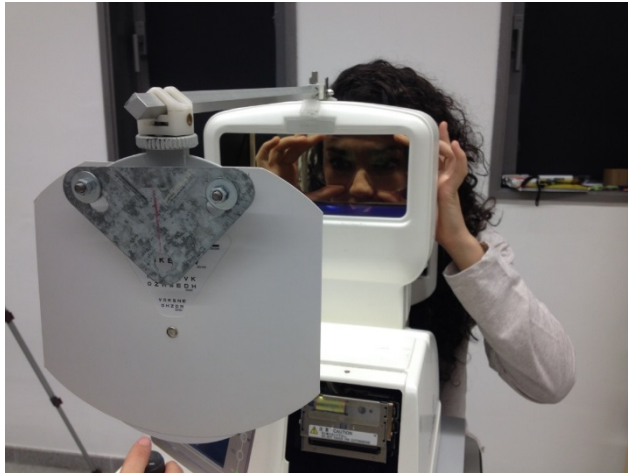


Figura 10: Pacient amb el filtre transparent duent a terme les proves amb l'autorrefractòmetre seiko WAM.

5. Interpretació de registres i obtenció de dades:

En aquest punt, es descriu el procés d'obtenció de les dades una vegada realitzades les proves, i el tractament d'aquestes, en funció de la informació obtinguda amb l'eyetracker i el WAM.

Inicialment, el software del eyetracker ens proporciona 2 arxius d'excel. Un és el Fixation report (taula 4.3) que és un arxiu que recopila tota la informació relacionada amb les fixacions realitzades en la lectura. L'anàlisi té en compte el punt d'inici de la lectura i el punt final de la mateixa. L'altre és el Saccade report (taula 4.4) arxiu que recopila tota la informació relacionada amb els moviments sacàdics realitzats en la lectura. Aquí obtenim tant les dades dels sacàdics en lectura com les de les regressions i salts de línia. També es té compte el punt d'inici de la lectura i el punt final.

	A	B	C	D	E	F	G
1	RECORDING_SESSION_LABEL	EYE_USED	CURRENT_FIX_DURATION	CURRENT_FIX_START	CURRENT_FIX_END	CURRENT_FIX_RUN_INDEX	TRIAL_INDEX
2	id102	RIGHT	188	35	222	.	1
3	id102	RIGHT	122	347	468	.	1
4	id102	RIGHT	282	493	774	.	1
5	id102	RIGHT	35	798	832	.	1
6	id102	RIGHT	190	841	1030	.	1
7	id102	RIGHT	189	1046	1234	.	1
8	id102	RIGHT	219	1255	1473	.	1
9	id102	RIGHT	274	1493	1766	.	1
10	id102	RIGHT	214	1787	2000	.	1
11	id102	RIGHT	26	2114	2139	.	1
12	id102	RIGHT	35	2158	2192	.	1
13	id102	RIGHT	207	2252	2458	.	1
14	id102	RIGHT	203	2476	2678	.	1

Taula 4.3 Fixation report

H	I	J	K	L	M	N	O	P
CURRENT_SAC_END_TIME	CURRENT_SAC_END_X	CURRENT_SAC_END_Y	CURRENT_SAC_DIRECTION	CURRENT_SAC_AVG_VELOCITY	CURRENT_SAC_AMPLITUDE	CURRENT_SAC_PEAK_VELOCITY		
346	299.80	301.60	LEFT	168.62	20.91	226.35		
492	266.50	205.70	UP	85.62	2.05	118.74		
797	341.40	199.80	RIGHT	88.22	2.03	122.35		
840	369.70	232.50	.	45.11	0.36	43.18		
1045	440.80	238.80	UP	53.40	0.80	66.81		
1254	476.20	208.10	RIGHT	72.97	1.46	97.41		
1492	530.40	199.60	RIGHT	71.34	1.36	85.24		
1786	601.90	206.00	RIGHT	74.25	1.48	90.63		
2113	646.80	199.80	.	2.85	0.32	66.32		
2157	648.20	198.00	DOWN	49.09	0.88	82.19		
2251	648.20	198.00	DOWN	15.00	0.89	8.79		
2475	735.40	197.60	RIGHT	55.50	0.94	64.12		
2756	290.70	221.70	LEFT	154.90	12.08	226.32		
2960	262.00	197.70	UP	20.14	1.11	175.33		

Taula 4.4 Saccade report

Ambels arxius que s'obtenen de l'eyetracker, ens mostra de manera gràfica aquests paràmetres, per poder veure com ha sigut el processament de la prova (figura 7).

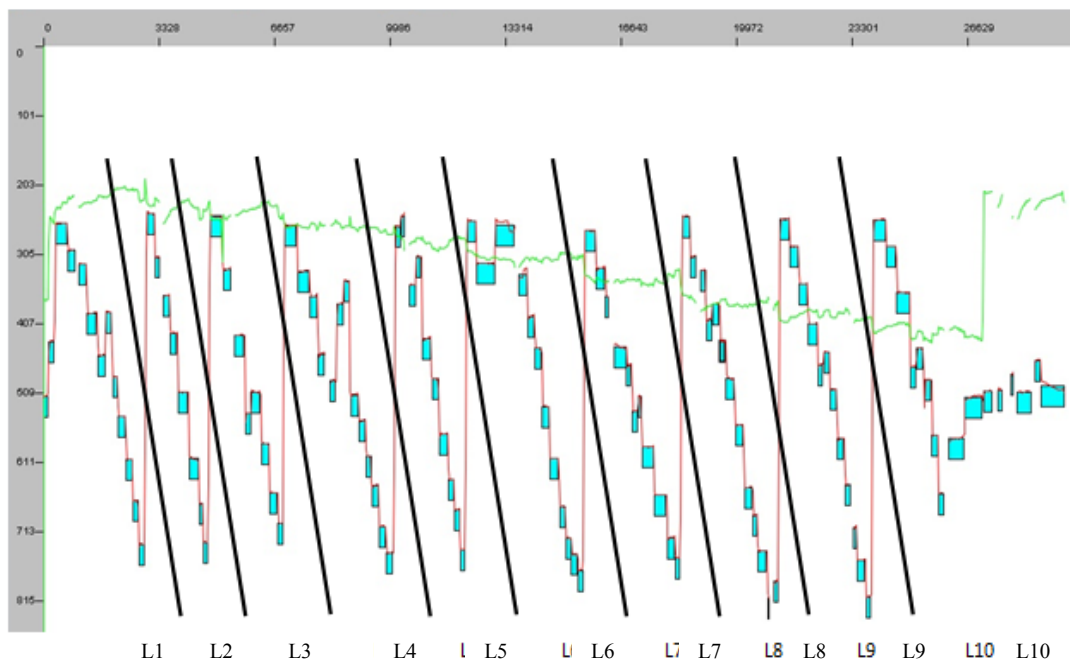


Figura 7: Visualització dels moviments oculars en l'Eyetracker

L'eix X ve indicat el temps i a l'eix Y tenim els valors corresponents a la posició dels ulls, i aquesta ve donada en píxels. La línia de color vermell mostra la posició dels ulls en X, mentre que el color verd mostra la posició dels ulls en Y. Els quadrats blaus són les fixacions. Les línies negres inclinades indiquen la separació entre línies del text i, en la part inferior ve indicada quina és cada línia (L1, L2, L3,...).

En la figura 7, es pot observar que la primera i la última línia no segueix el patró de les altres. Així doncs, es van eliminar ja que posteriorment podien aportar resultats erronis. D'aquesta forma, només es van agafar de la línia 2 a la 9 per el seu anàlisi.

Com s'ha comentat anteriorment, els valors que s'estudiaran com a moviments oculars en la lectura són per les fixacions la quantitat de fixacions, la durada i la longitud. Per els sacàdics i les regressions seran el número, la durada, l'amplada en X i la velocitat.

5.1 Identificació de les fixacions i dels sacàdics

Anteriorment, s'ha comentat que l'anàlisi serà realitzat de la línia 2 a la 9. Això s'ha fet de la següent manera:

- Identificació del'inici de l'anàlisi: A la pantalla on es mostren els registres oculars, s'ha identificar les 10 línies que el pacient ha llegit. Quan es tinguin les línies identificades es selecciona la primera fixació i s'anota el temps.

Field	Value
Label:	Fixation: 2985ms
Eye:	Right
Start Time:	2985 ms
End Time:	3194 ms
Duration:	210 ms
Avg. X Position:	245.8
Avg. Y Position:	234.3
Previous Fixation	
Angle:	0.645°
Distance:	13.081 degrees
Direction:	RIGHT
Next Fixation	
Angle:	4.793°
Distance:	1.74 degrees
Direction:	RIGHT
RT End Event:	<input type="checkbox"/>
Hidden:	false
Manually Adjusted:	false
Color:	

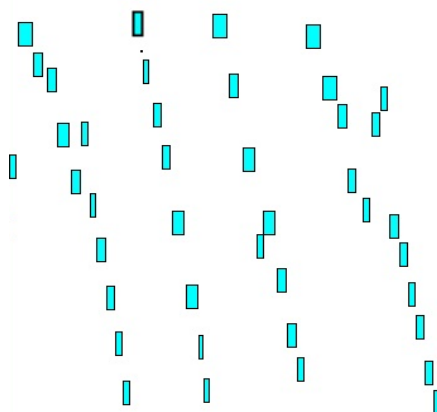


Figura 7.1 Selecció de la primera fixació de la segona línia i informació d'aquesta

- Identificació del final del anàlisi: En la mateixa pantalla, s'ha de seleccionar el temps final de la última fixació de la línia 9.

Field	Value
Label:	Fixation: 23710ms
Eye:	Right
Start Time:	23710 ms
End Time:	23850 ms
Duration:	141 ms
Avg. X Position:	809.8
Avg. Y Position:	398.8
Previous Fixation	
Angle:	-176.718°
Distance:	1.46 degrees
Direction:	LEFT
Next Fixation	
Angle:	-178.436°
Distance:	14.937 degrees
Direction:	LEFT
RT End Event:	<input type="checkbox"/>
Hidden:	false
Manually Adjusted:	false
Color:	

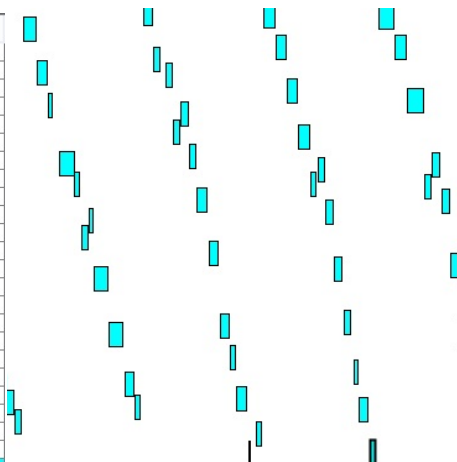


Figura 7.2 Selecció de l'última fixació de la novena línia i informació d'aquesta

En tots els pacients i en totes les condicions, es varen realitzar aquest procediment i s'haurà d'aplicar en els Excel de fixacions i sacàdics. Sempre quan es va a realitzar qualsevol anàlisi s'haurà de buscar el temps d'inici i el temps final per analitzar les dades d'interès (línia 2 a 9) la resta de valors no tenen importància per al·l'estudi. Posteriorment, es passa al seu anàlisi per els arxius excels.

Un cop tenim l'arxiu excel de les fixacions, podem passar a obtenir les variables següents:

- Número de fixacions realitzades en la lectura que s'engloben des de la segona línia fins la novena (dada obtinguda automàticament).
- La durada mitja de les fixacions (obtinguda també automàticament).

A partir de l'arxiu excel dels sacàdics, en el qual es poden diferenciar automàticament els que són en la direcció de la lectura dels que són en direcció contrària (regressions i salts de línia), es poden obtenir les variable següents:

- L'amplada mitja de les fixacions, que requereix de la identificació per part de l'examinador de la posició final d'un sacàdic i de la posició inicial del següent.
- Número de sacàdics realitzats en la lectura de la segona a la novena línia (dada obtinguda automàticament).
- La durada mitja dels sacàdics (dada també obtinguda automàticament).
- L'amplada mitja dels sacàdics que requereix de la identificació per part de l'examinador de la posició inicial i final de cada moviment sacàdic.
- Velocitat mitja dels sacàdics (dada obtinguda automàticament).

Per poder identificar les regressions en la lectura les hem de diferenciar dels salts de línia. En el nostre estudi hem identificat manualment els salts de línia i els hem eliminat de les dades per evitar resultats erronis.

5.2 Obtenció de les dades amb el WAM:

Seguidament, es presentarà com es van obtenir els valors del WAM.

En aquest cas, l'autorretractòmetre quan finalitza la mesura proporciona la graduació objectiva del pacient en forma d'esfera (diòptries), cilindre (diòptres) i eix (graus), a la distància a la qual s'ha realitzat la prova. En el nostre cas hem determinat aquesta refracció objectiva a 6 metres i a 50 cm.

Tot seguit, amb aquestes dades es passava a partir d'un arxiu Excel per calcular l'equivalent esfèric (EE) de ta forma que es pogués calcular el retard acomodatiu per a cada condició.

L'EE es calcula amb la fórmula: $1/2 \text{ cilindre} + \text{esfera}$.

Aquest càlcul es fa tan de lluny com de prop. Tot seguit amb els resultats de l'EE passava a determinar el retard acomodatiu que es feia amb l'EE_{vl} + (EE_{vp} +2).

6. Resultats

Seguidament s'exposen els resultats de l'estudi organitzats en dos grans apartats, un sobre descripció de la mostra i de les variables obtingudes i un segon a on s'exposaran els resultats quan es comparen diverses condicions d'observació del text.

Prèviament s'indicarà el tractament estadístic utilitzat per l'obtenció dels resultats.

6.1 Anàlisi estadístic:

Per la descripció de les variables utilitzarem la estadística descriptiva per variables quantitatives: mitja, desviació estàndard, valor màxim i mínim.

Per comparar els resultats en diferents condicions utilitzarem l'anàlisi de la variància ANOVA quan sigui 3 o més condicions a comparar o la t de Student quan sigui únicament 2 condicions. S'exposarà la diferència entre mitjanes, l'error estàndard de la diferència i la significació estadística de la diferència. El valor de p, és una probabilitat que s'utilitza per fer referència a si les diferències estudiades són estadísticament significatives o poden considerar-se fruit de l'atzar. El rang de valors està comprés entre 0 i 1 i s'utilitzarà en el present estudi el valor de $p < 0,05$ com a referència. Valors de p inferiors a 0,05 indiquen que el resultat és estadísticament significatiu; que existeix una probabilitat inferior al 5% de que la diferència trobada no sigui fruit de l'atzar, en canvi, valors pròxim a 1, indicaran que les diferències trobades són atzaroses i no posen de manifest cap tendència.

6.2. Descriptius:

Seguidament es mostraran els descriptius de la mostra, selecció de filtres, variables dels moviments oculars i el retard acomodatiu.

6.2.1. Descripció de la mostra:

En aquest estudi, hi ha 35 casos de subjectes que han fet una valoració amb els filtres cromàtics, és a dir, han escollit prèviament els filtres més i menys confortables.. No obstant, només 29 dels 35 complien les condicions de criteri d'inclusió de l'estudi. Alguns dels pacients van quedar exclosos pels següents motius:

- Si no eren portadors habituals de LCs i l'astigmatisme era > 1 D, quedaven exclosos donat que si hi havia defecte refractiu aquest es va compensar amb LC esfèriques.
- Antecedents d'estrabisme i/o ambliopia.
- Refracció fora de límits acceptats.
- No passaven les proves per l'adaptació de les LC

L'edat dels individus és de 18 a 25 anys, sent la mitja de 21,38 anys i la desviació estàndard de $\pm 2,21$.

En relació al sexe, dels 29 subjectes 9 són homes (31%) i 20 dones (69%).

6.2.2. Descripció en la selecció de filtres:

Com s'ha comentat, els filtres cromàtics utilitzats són 7 de colors: blau, groc, verd, rosa, magenta, violeta i taronja.

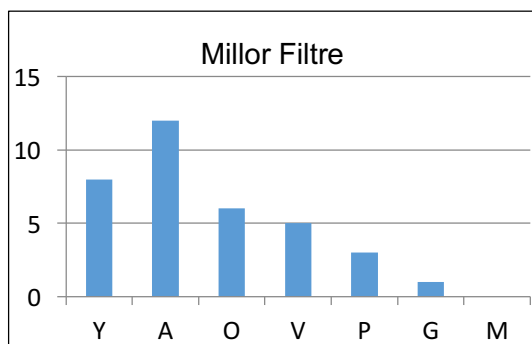
6.2.2.1 Selecció del filtre

Per la selecció de filtres, obtenim els següents resultats que es mostren en la taula 4.6;

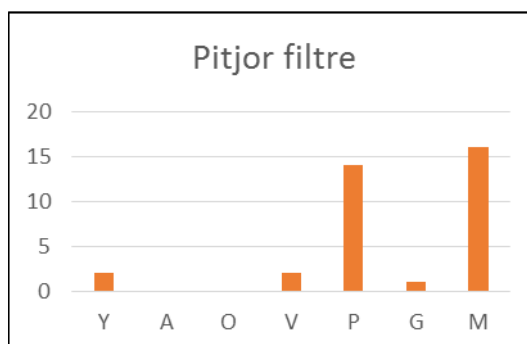
Filtre	Millor(%)	Pitjor(%)
Blau aqua (A)	34,28	0
Groc (Y)	22,86	5,71
Verd (G)	2,86	2,86
Rosa (P)	8,57	40
Magenta (M)	0	45,71
Violeta (V)	14,28	5,71
Carbassa (O)	17,14	0

Taula 4.6: Selecció del millor i pitjor filtre en tan per cent

Així doncs, en forma de gràfica, els individus es distribueixen d'aquesta forma en la selecció del millor filtre (gràfic 1.5) i el pitjor filtre (gràfic 1.6):



Gràfic 1.5: Número de pacients que van escollir cada filtre com a més confortable



Gràfic 1.6: Número de pacients que van escollir cada filtre com el més incòmode

6.2.3.

Descripció de les variables de

l'Eyelink:

Seguidament, s'exposen els resultats dels diferents paràmetres estudiats per els moviments oculars. Es recorda que hi ha 5 condicions d'examen: en condicions habituals que es van examinar dues vegades (habitual 1 i habitual 2), a través d'unes lents transparents i neutres (placebo), a través del filtre que proporcionava el millor confort (millor filtre) i el pitjor confort (pitjor filtre).

Per les fixacions:

Fixacions			
Condicció	Núm(x±sd)	Duració(ms)(x±sd)	Longitud(píxels)(x±sd)
Hab1	105,21±21,78	215±26,87	6,2±1,78
Hab2	107,48±17,70	214,93±32,76	6,19±2,21
Placebo	109,79±23,35	215,09±23,41	6,09±1,77
Millor Filtre	108,21±24,73	216,84±26,65	6,42±1,58
Pitjor Filtre	115,62±37,39	216,82±27,89	7,04±2,04

Taula 4.7: Resultats dels paràmetres de les fixacions. Cada píxel té un tamany de 0,27 mm.(donat que la mida de la pantalla és 51,84x29,16 cm i la resolució de la pantalla és de 1920x1080 píxels.

Per els moviments sacàdics:

Sacàdics				
Condicció	Núm(x±sd)	Duració(ms)(x±sd)	Amplada_X(píxels)(x±sd)	Velocitat(°/S)(x±sd)
Hab1	77,34±11,69	26,8±6,54	52,8±14,24	68,72±7,2
Hab2	73,92±12,18	24,23±6,5	56,03±11,09	70,06±7,42
Placebo	86,38±16,32	26,68±7,3	56,22±17,26	69,42±11,59
Millor Filtre	86,59±16,99	28,34±10,2	56,51±17,07	68,09±11,79
Pitjor Filtre	92,10±18,29	27,53±11,34	55,99±16,68	68,56±12,09

Taula 4.8: Es troben els resultats dels paràmetres dels sacàdics. Cada píxel té un tamany de 0,27 mm.(donat que la mida de la pantalla és 51,84x29,16 cm i la resolució de la pantalla és de 1920x1080 píxels.

Per les regressions:

Regressions				
Condicció	Núm(x±sd)	Duració(ms)(x±sd)	Amplada_X(píxels)(x±sd)	Velocitat(°/s)(x±sd)
Hab1	10,45±8,99	22,02±9,45	-47,7±20,2	64,54±10,77
Hab2	13,85±8,60	19,76±7,89	-45,18±5,87	55,25±7,08
Placebo	11,65±9,89	22,47±10,76	-52,91±20,5	64,55±9,14
Millor Filtre	11,45±8,52	30,64±34,45	-54,88±16,62	68,39±13,42
Pitjor Filtre	14,45±13,10	40,93±95,09	-64,74±29,1	66,81±14,09

Taula 4.9: Es troben els resultats dels paràmetres de les regressions. Cada píxel té un tamany de 0,27 mm.(donat que la mida de la pantalla és 51,84x29,16 cm i la resolució de la pantalla és de 1920x1080 píxels.

I el temps de lectura total per a cada condició és el següent:

	Hab1(x±sd)	Hab2(x±sd)	Placebo(x±sd)	Millor Filtre(x±sd)	Pitjor Filtre(x±sd)
Temps de lectura (s)	25,81±6,05	25,96±5	26,23±5,48	25,61±4,42	30,64±9,7

Taula 5: Temps de lectura relacionat amb totes les condicions expressat en segons

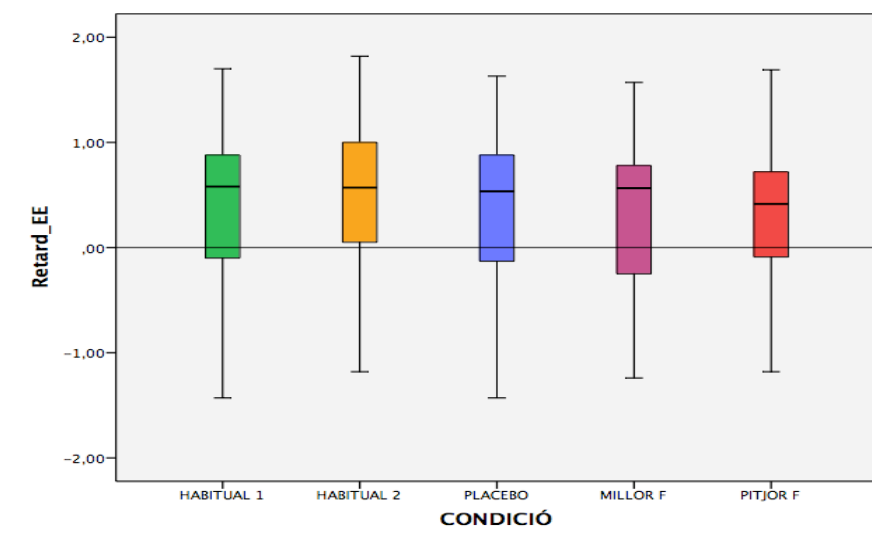
6.2.4. Descripció de les variables del WAM:

Seguidament es mostren els resultats finals trobats amb l'autorrefractòmetre WAM en les diferents condicions:

	Retard(D)	Sd(D)	Mínim(D)	Màxim(D)
Hab1	0,37	$\pm 0,71$	-1,43	1,7
Hab2	0,44	$\pm 0,75$	-1,18	1,82
Placebo	0,33	$\pm 0,73$	-1,43	1,63
Millor Filtre	0,3	$\pm 0,71$	-1,24	1,57
Pitjor Filtre	0,28	$\pm 0,68$	-1,18	1,69

Taula 5.1: S'expressa el retard extret de l'EE entre esfera i cilindre dels resultats obtinguts amb l'autorrefractòmetre, la desviació estàndard, el mínim i el màxim valor

A continuació es mostra el resultat del retard acomodatiu respecte les diferents condicions:



Gràfic1.7: Retard acomodatiu en D en EE per a cada condició

Es pot veure que tots els retards acomodatius són positius, ja que es troben per sobre de la línia 0.

6.3. Comparació en diferents condicions de lectura:

En aquest apartat s'estudiaran si els resultats que s'obtenen son repetibles gràcies a la comparació dels valors obtinguts en les dues condicions habituals. També es determinarà l'efecte que presenta una lent neutre sostinguda amb la mà del observador. Finalment, es valorarà l'efecte que tenen en la lectura l'anteposició del filtre de més gran confort i el de menys. Per fer aquestes comparacions s'utilitzarà l'estudi de la variància ANOVA i considerarem que les diferències son estadísticament significatives quan la probabilitat de significació sigui $\leq 0,05$. Si en algun cas es troben diferències significatives s'utilitzarà el post-hoc de Bonferroni per determinar entre quines condicions concretes passa.

6.3.1 Repetibilitat de les mesures:

Al comparar els resultats de les dues mesures en condicions habituals ens permetrà determinar la repetibilitat de les mesures i sí aquestes tenen alguna variació significativa per si mateixes.

A continuació es mostraran les taules comparatives, tan de l'eyelink com del wam entre l'habitual 1 i l'habitual 2:

- Eyelink:

	Variable	Significació
Temps de lectura		0,943
Fixacions	Número	0,682
	Durada	0,946
	Longitud	0,942
Sacàdics	Número	0,302
	Durada	0,11
	Amplada X	0,423
	Velocitat	0,567
Regressions	Número	0,117
	Durada	0,207
	Amplada X	0,54
	Velocitat	0,856

Taula 5.2: Taula ANOVA entre l'hab 1 i l'hab 2 amb els diferents paràmetres de l'eyelink

- WAM:

En el retard acomodatiu el resultat final no és estadísticament significatiu ($p=0.75$)

No hi ha diferències estadísticament significatives al comparar els resultats de les diferents variables en condicions habituals quan es repeteix la prova. Això significa que les mesures són repetibles tan per part de l'instrument com de l'observador.

Com a conseqüència a partir d'aquest moment tan sols utilitzarem l'habitual 1 per comparar els resultats en les altres condicions d'examen.

6.3.2. Efecte d'un filtre neutre:

Al comparar els resultats del filtre transparent i neutre ens permetrà determinar si pel simple fet d'anteposar un element estrany davant dels ulls es provoca algun efecte en la motilitat ocular o retard acomodatiu.

A continuació es mostraran les taules comparatives, tan de l'eyelink com del wam entre l'habitual 1 i aquesta lent:

- Eyelink:

	Variable	Significació
Temps de lectura		0,631
Fixacions	Número	0,331
	Durada	0,973
	Longitud	0,778
Sacàdics	Número	0,248
	Durada	0,913
	Amplada X	0,523
	Velocitat	0,917
Regressions	Número	0,539
	Durada	0,865
	Amplada X	0,359
	Velocitat	0,963

Taula 5.4: Taula ANOVA entre l'hab 1 i el placebo amb els diferents paràmetres de l'eyelink

- WAM:

En el retard acomodatiu les mesures aporten un resultat que no és estadísticament significatiu ($p=0.836$).

En les variables estudiades dels moviments oculars i el retard acomodatiu durant la lectura no hi ha diferència entre els resultats obtinguts en condicions habituals i amb les lents transparents de potència neutre davant dels ulls. Això diu que el fet de posar unes lents davant dels ulls els resultats no varien i també que no existeix cap efecte placebo per part de l'observador.

Quan passem a analitzar l'efecte dels filtres de color qualsevol variació que es trobi en els resultats creiem que tan sols pot estar atribuït a l'efecte del color.

6.3.3 Efecte del filtres cromàtics:

Finalment, es mostraran l'ANOVA tan de l'eyelink com del WAM entre l'habitual 1, el millor filtre i el pitjor filtre:

- Eyelink:

	Variable	Significació
Temps de lectura		0,009
Fixacions	Número	0,297
	Durada	0,949
	Longitud	0,198
Sacàdics	Número	0,001
	Durada	0,84
	Amplada X	0,752
	Velocitat	0,93
Regressions	Número	0,27
	Durada	0,498
	Amplada X	0,02
	Velocitat	0,534

Taula 5.6: Taula ANOVA entre l'hab1, el millor filtre i el pitjor filtre amb els diferents paràmetres de l'eyelink

Com es pot comprovar les diferències es troben en temps de lectura , número de sacàdics i amplada x de les regressions. Passem a analitzar únicament aquestes variables amb més detall aplicant el POST HOC de Bonferroni que ens permetrà saber entre quines condicions estan les diferències i el valor de les mateixes.

	Condicció (I)	Condicció (J)	Diferència (I-J)	Error estàndard	Significació
Temps de lectura	Habitual 1	Millor Filtre	-0,11	1,85	1
		Pitjor filtre	-5,14	1,85	0,02
	Millor Filtre	Pitjor filtre	-5,03	1,87	0,025
Nº de sacàdics	Habitual 1	Millor Filtre	-5,3	3,92	0,54
		Pitjor filtre	-15,44	3,88	0
	Millor Filtre	Pitjor filtre	-10,14	3,95	0,036
Amplada X regressions	Habitual 1	Millor Filtre	6,83	5,85	0,739
		Pitjor filtre	16,69	5,85	0,016
	Millor Filtre	Pitjor filtre	9,86	5,9	0,296

Taula 5.7: Taula POST HOC de Bonferroni on es reflecteixen els paràmetres afectats per l'anteposició d'una lent cromàtica sobre els ulls

El temps de lectura, es fa la diferència en segons del temps global entre la condició J i la condició I. Es calcula l'error estàndard, és a dir la seva desviació respecte la mitja i si és significatiu o no ($p \leq 0,05$).

Per el nº de sacàdics i l'amplada de les regressions es fa el mateix però les unitats estan expressades en píxels (0,27 mm amplada de píxels; resolució de la pantalla de 1920x1080).

- WAM:

En el retard acomodatiu el resultat no és estadísticament significatiu ($p=0.879$).

7. Discussions i Conclusions:

7.1 Discussions:

Seguidament es compararan els meus resultats amb els d'altres estudis tan per els resultats obtinguts amb l'eyelink com els del retard acomodatiu amb el WAM.

7.1.1 Eyelink:

Es comparen els resultats de l'estudi dels diferents moviments oculars amb el de Taub et al del 2009. En aquest projecte, es van estudiar els moviments oculars en persones simptomàtiques que patien el síndrome de Irlen amb d'altres que no ho eran. Es van anteposar lents de colors diferents davant dels ulls (rosa, carbassa, groc, verd, turquesa, aiguamarina, blau, lila, lavanda i gris neutre). En aquest cas, compararem els resultats del nº de fixacions, nº de regressions i duració de la fixació amb el millor i pitjor filtre amb els d'aquest estudi.

En el cas del **número de fixacions** es van trobar en persones simptomàtiques 103.93 fixacions respecte als asimptomàtics que eren 87.91. En el meu estudi, els individus amb el millor filtre van fer una mitja de 108.21 fixacions i 115.62 amb el pitjor.

En el cas del **número de regressions**, com a pacients simptomàtics es van fer 14.21 i en els asimptomàtics 7.91. En aquest cas, amb el millor filtre es van fer 11.45 i amb el pitjor 14.45.

Finalment, en el cas de la **duració de la fixació** els simptomàtics van fer 268.88 ms i els asimptomàtics 249.78 ms. En canvi, amb el millor filtre es van fer 216.84 ms i amb el pitjor 216.82.

En l'estudi que van impartir també van estudiar el temps que els individus estaven per reconèixer la paraula estudiada, la comprensió del text (estudiada com les paraules dites en un

minut) i l'atac de direccionalitat, és a dir, el nº de regressions dividit per el número de fixacions fetes. A més, l'estudi el van impartir amb el Visigraph en comptes de amb l'eyelink.

En canvi, en el meu estudi, s'han estudiat els paràmetres dels moviments sacàdics (nº, velocitat, durada i amplada), en les regressions, a més de la quantitat també s'han estudiat les mateixes característiques que els sacàdics i, per les regressions, es van estudiar, també, la longitud d'aquestes.

En el meu cas, s'ha pogut veure que amb l'anteposició de lents cromàtiques davant dels ulls només es veuen afectats el nº de sacàdics, el temps de lectura i l'amplada de les regressions. Per els altres paràmetres no hi ha diferències estadísticament significatives. En l'estudi a comparar va trobar, finalment, que per l'anteposició de lents cromàtiques no produïa canvis significatius sobre les variables a estudiar amb el Visigraph.

Un altre estudi, es el de *Solan et al* al 1998 que també va afirmar que l'anteposició de filtres cromàtics no afectava als moviments oculars. Tot i que, va trobar canvis en les fixacions, regressions i en la velocitat de lectura utilitzant un filtre blau amb el dispositiu Visigraph.

7.1.2 WAM:

En aquest cas, es comparen els resultats amb l'estudi de Allen Peter M. *et al* (2010). En aquest estudi, es va investigar l'impacte de canviar el color de l'estímul sobre la acomodació amb pacients que pateixen estrès visual i d'altres que no. En aquest cas, ells canviaven el color del fons i calculaven la resposta acomodativa. Així doncs, van veure que la resposta acomodativa disminuïa quan es canviava el color però només en pacients que patien el síndrome d'estrès visual. Però, no hi havia canvis en els pacients que no patien aquest síndrome.

En el meu cas, al tenir una mostra de pacients que tampoc pateixen el síndrome de l'estrès visual no hi ha diferències significatives en els resultats de la resposta acomodativa.

7.2 Conclusions:

Finalment, destaquem les següents conclusions com a més rellevants:

- Els moviments oculars i la resposta acomodativa en la lectura s'han mostrat repetibles per el Eyelink i el WAM.
- El fet d'anteposar lents neutres sobre els ulls del pacient no modifica els moviments oculars i la resposta acomodativa.
- L'ús del filtre cromàtic escollit com a més confortable per a la lectura no provoca canvis significatius en les variables de la motilitat ocular estudiades.
- L'ús del filtre cromàtic escollit com a més incòmode provoca canvis significatius en algunes de les variables de la motilitat ocular estudiades en la direcció de pitjors resultats.
- El temps de lectura es veu afectat quan el subjecte utilitza el filtre més incòmode provocant un augment d'aquest.
- Durant la lectura amb el filtre més incòmode, es realitza un augment dels moviments sacàdics si ho comparem que es realitzen tan en condicions habituals com amb el filtre més confortable.
- L'amplada de les regressions amb el filtre més incòmode són més grans que no pas en condicions habituals.
- El retard acomodatiu mesurat amb el WAM no es veu influenciat per l'anteposició de lents cromàtiques.

8. Bibliografía:

François T. «Traces de lectures, sentiers de lecteurs», en *Lire, un acte de formation au quotidien*. L'Harmattan Paris:, 2006.

Weaver C.: *Reading process and practice: from socio-psycholinguistics to whole language*. Heinemann Portsmouth (New Hampshire):, 1994

Palomo Álvarez, C. <*Habilidades visuales en niños y niñas de educación primaria con problemas de lectura e influencia de un filtro amarillo en la visión y lectura*>, Madrid, 2010

Lathan, Keziah; Whitaker David < *A Comparision of Word Recognition and Reading Performance in Foveal and Peripheral Vision*> Department of Visions Sciences; Aston University, Birmingham B4 7ET UK. Departmen of Optometry, Bradford University, Bradford BD7 1DP 1996.

Gili Carreras, Anna <*Parametrización de textos de lectura en pantallas LCD-TFT y estimación del estrés visual que producen*> 2011

Ciuffreda Kj, Bahill AT, Kenyon RV, Stark L <*Eye movements during reading: case reports*> American Journal of Optometry and Physiological Optica, 1976

Gila L, Villanueva A., Cabeza R.<*Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares*>An. Sist. Sanit. Navar. 2009

Oliva Domínguez, Manuel<*La Exploración Oculomotora*> Servicio ORL- Hospital Universitario de Puerto Real, 2000

Rodríguez Montiel, Margarita <*Estudio de las características del parpadeo, y su relación con los movimientos sacádicos, en distintas condiciones controladas de lectura*> Universitat Politècnica de Catalunya, 2015

García Hernández, Rosa M. <Eficacia visual. Movimientos oculares I> 2010

North Shore Pediatric Therapy<*Oculomotor control/Dysfunctions*>2014

Ondategui J.C, Borràs M.R, Pacheco M, Varón M.C, Sánchez E, Gispets J. <Visión binocular, diagnóstico i tratamiento>Ediciones UPC, 2004

Días Álvarez S.B, Gómez García A, Jiménez Garófano C, Martínez Jiménez M.P<*Bases optométricas para una lectura eficaz*>COI, 2004.

Wilkins, A. <How coloured filters can reduce reading difficulty, eye strain and headaches>, 2003

Mhorrison F. Ronda<Effect of color overlays os reading efficiency>University of Massachusets, 2011

Eperjesi F., Fowler C.W, Evans B.J.W<*Do tinted lenses or fíltres improve visual performance in low vision?*> opthal psycologist optometrist, 2002

Instituto de neuropsicología y pedagogía avanzada, sl. <irlen>2016

Evans B.J.W, Joseph F. <*The effect of coloured filters on the rate of reading in an adult student population*>institute of optometry, Newington Causeway, London, 2002

Cerium<*Intuitive Colorímeter*>1994.

Word Press<*Concepto de lectura*>2008-2016

Ainhoa de Castellarnau<*Efecte de l'edat en els resultats de les proves clíniques per l'avaluació dels moviments sacàdics i de seguiment*> UPC, juny 2015

American Association for Pediatric Ophtalmology and Strabismus(AAPOS) < *Globo ocular*>Sant Francisco, 2016

Katia Lorena Murillo González<*VERIFICACIÓN DE ESTANDARES DE NORMALIDAD DE LOS MOVIMIENTOS SACÀDICOS MEDIANTE EL TEST DE DEM EN UNA MUESTRA DE NIÑOS DE 7 A 9 AÑOS DE EDAD EMÈTROPES, SIN ESTRABISMO EN LA CIUDAD DE BOGOTA*> Universidad de la Salle, Facultad de optometria, 2007

Álvaro M. Pons Moreno; Francisco M. Martínez Verdú<Fundamentos de visión binocular> Universitat D'Alacant, Universitat de València, 2004

Elena López García<Efecto de diferentes parámetros del estímulo en la valoración objetiva de los movimientos sacádicos y de seguimiento> Departamento de Óptica y Optometría UPC; 2015

Universitat de Barcelona<*Bases neurofisiològiques de la visió capítol 2. Moviments oculars*>

Lucy Luna<*Visión y lectura. Problemas de aprendizaje*>2012.

Rosa vision<*Eficacia visual. Movimientos oculares*>2010

Crespo León, Antonio; Cabestrero Alonso, Raúl; Quirós Expósito, Pilar <*Metodología de investigación básica: parámetros oculares y procesamiento de la información*>Universidad Nacional de Educación a Distancia

Martín Herranz, Raúl <*Retinoscopía*> Optometría 1

Barnard Levit<*Intuitive Colorimetry*>2013

Peris E; Castañe M. <Efecto de los filtros cromáticos en la velocidad lectora en una muestra de alumnos de E.S.O>2005

Marc B. Taub; Josephine Shallo-Hoffmann; Scott Steinman; Barbara Steinman < The Effect of Colores overlays on Reading Eye Movements in Adults>2009.

9. Annexos

Annex 1:



CONSENTIMIENTO INFORMADO

Este estudio tiene como principal objetivo valorar el efecto de las lentes positivas y negativas, prismas, lentes cromáticas y el efecto del contraste y color del fondo sobre la motilidad ocular durante la lectura y la concordancia y repetibilidad de la medida del retardo acomodativo.

La participación en este estudio se divide en 2 sesiones, que se realizarán en el centro GAIA y que consisten en lo siguiente:

- Lectura de diversos textos del libro "*La chica del tren*" a través de diferentes lentes y prismas para evaluar la motilidad ocular mediante el Eye tracker *EyeLink*. Posteriormente, se realizarán preguntas sobre los textos para comprobar la comprensión lectora del sujeto en estudio.
- Evaluación de la motilidad ocular mediante el Eye tracker *EyeLink* con 3 contrastes y colores diferentes para pantalla y texto
- Evaluación del retardo acomodativo mediante el autorefractómetro *Seiko Wam*, se realizarán 3 medidas en visión lejana y visión próxima, con la anteposición de las diferentes lentes y prismas.
- Pruebas de MEM y Nott en ambos ojos.

Las pruebas serán realizadas por optometristas en horario de mañana y tarde.

Asimismo, es preciso firmar el presente documento:

Yo,.....con
DNI....., autorizo a Jesús Gascón, Anna León, Ainhoa de Castellarnau, Helena Blanch y Lidia Mullor a que me realicen las pruebas necesarias para el correcto

desarrollo del estudio, y doy mi constancia de que he sido debidamente informado previamente a mi participación.

Firma

Terrassa,.....de..... de 2015

Annex 2:

Nom:	Edat:	ID:	Data:
RX ACTUAL	EIX	CIL (-)	ESFERA
UD			
UE			
	UD	UE	
AV VL			
AV VP			
	SI	NO	
Ambliopia			
Estrabisme			
Cirurgia ocular			
Dislexia			
Orto-K			
Visió color normal?			

SC normal?		
PPC<10cm?		
PPA <10cm?		
CT	VL:	VP:
OBSERVACIONES:		
FIRMA:		

